

**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

---

Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften

---

## Die nächtliche Habitatnutzung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) in drei unterschiedlichen Habitaten

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum silvaticarum (Dr. rer. silv.)

vorgelegt von

**Dipl. Forstwirt (M.Sc.) Andreas Kinser**

Gutachter:

**Prof. Dr. Dr. Sven Herzog**

Institut für Waldbau und Forstschutz

Dozentur für Wildökologie und Jagdwirtschaft

**Prof. Dr. Dr. Klaus Pohlmeier**

Institut für Wildtierforschung

an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Dresden, 24. März 2011

Erklärung des Promovenden

Die Übereinstimmung dieses Exemplars mit dem Original der Dissertation zum Thema:

**„Die nächtliche Habitatnutzung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) in drei unterschiedlichen Habitaten“**

wird hiermit bestätigt.

Hamburg, 01. Juni 2011

.....

Ort, Datum

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. Jürg', is written over a dotted line.

.....

Unterschrift (Vorname Name)



angefertigt am  
Institut für Wildtierforschung  
an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover



gefördert durch ein  
Stipendium der Deutschen Delegation im CIC  
(Internationaler Rat zur Erhaltung des Wildes und der Jagd)

**Meiner Familie**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation	1
1.2	Methodenüberblick	2
1.3	Stand des Wissens	4
1.4	Ziele	13
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
2.1	Untersuchungsgebiete	14
2.1.1	Fritzlar	14
2.1.2	Güntersleben	18
2.1.3	Opferbaum	21
2.2	Feldökologische Methoden	24
2.2.1	Methodenentwicklung	24
2.2.2	Feldhasenerfassung	27
2.2.3	GIS-Anwendung	31
2.2.4	Flächennutzungs- & Habitatkartierung	32
2.3	Statistik	34
2.3.1	Bestimmung der Variablen	34
2.3.2	Modellbildung	39
2.3.2.1	Präsenz- und Pseudo-Absenz-Verteilung	39
2.3.2.2	Logistische Regression	40
2.3.2.3	Modellselektion	42
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>48</b>
3.1	Anzahl und Dichte beobachteter Feldhasen	48
3.2	Struktur der untersuchten Landschaften	49
3.3	Generalisierte Lineare Modelle zur nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen	53
3.3.1	Univariate Analyse der potentiellen erklärenden Variablen	53
3.3.2	Multivariate Analyse der potentiellen erklärenden Variablen	55
3.3.2.1	Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Fritzlar	55
3.3.2.2	Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Güntersleben	57
3.3.2.3	Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Opferbaum	59
3.3.2.4	Multitemporale Modelle der Zwei-Monats-Zeiträume	62
3.3.2.5	Multivariate Modelle für alle Untersuchungsgebiete	68
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>72</b>
4.1	Methodenkritik	72
4.1.1	Einfluss der maximalen Erfassungsdistanz	72
4.1.2	Eignung der entwickelten Methodik	73
4.2	Habitatnutzung von Feldhasen	75
4.2.1	Nutzung einzelner Strukturelemente	75
4.2.2	Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Fritzlar	85
4.2.3	Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Güntersleben	87
4.2.4	Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Opferbaum	93
4.2.5	Habitatnutzung im zeitlichen Verlauf	96
4.2.6	Multivariates Gesamtmodell	98
4.3	Betrachtung unberücksichtigter Variablen	99
4.4	Schlussbetrachtung und Ausblick	102
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>105</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>121</b>

# Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Methodik und Art der Untersuchungsräume räumlich expliziter Studien zur Habitatnutzung von Feldhasen</i>	6
<i>Tabelle 2: Charakteristische Merkmale der Untersuchungsgebiete</i>	24
<i>Tabelle 3: Anzahl der Festpunkte und Fläche der maximal mittels WBK einsehbaren Fläche in den Untersuchungsgebieten</i>	27
<i>Tabelle 4: Im Habitatmodell geprüfte erklärende Variablen mit Beschreibung und Auftreten in den Untersuchungsgebieten</i>	37
<i>Tabelle 5: Frühjahrs-Abundanzen des Feldhasen unterschieden nach der Methodik der Erfassung</i>	49
<i>Tabelle 6: Anteile ausgewählter Nutzungstypen an der landwirtschaftlichen Fläche im Durchschnitt der Jahre 2004-2006</i>	49
<i>Tabelle 7: Univariater Zusammenhang von Strukturelementen der Landschaft auf die nächtliche Verteilung von Feldhasen</i>	53
<i>Tabelle 8: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Fritzlar</i>	56
<i>Tabelle 9: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Fritzlar</i>	57
<i>Tabelle 10: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Güntersleben</i>	58
<i>Tabelle 11: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Güntersleben</i>	59
<i>Tabelle 12: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Opferbaum</i>	60
<i>Tabelle 13: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Opferbaum</i>	61
<i>Tabelle 14: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Fritzlar</i>	62
<i>Tabelle 15: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Güntersleben</i>	63
<i>Tabelle 16: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Opferbaum</i>	65
<i>Tabelle 17: Meidung und Bevorzugung von Strukturelementen der Landschaft während der Zwei-Monats-Zeiträume in den Untersuchungsgebieten</i>	66
<i>Tabelle 18: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume auf der gesamten Untersuchungsfläche</i>	68
<i>Tabelle 19: Vereinfachte Darstellung der Modelle F.1, G.1 und O.1</i>	69
<i>Tabelle 20: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung auf der gesamten Untersuchungsfläche</i>	70
<i>Tabelle 21: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre auf der gesamten Untersuchungsfläche</i>	71

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete in Deutschland	14
Abbildung 2: Untersuchungsgebiet Fritzlar	17
Abbildung 3: Untersuchungsgebiet Güntersleben	20
Abbildung 4: Untersuchungsgebiet Opferbaum	23
Abbildung 5: Die für die Untersuchungen der räumlichen Verteilung von Feldhasenpopulationen benutzte Wärmebildkamera	26
Abbildung 6: Mittels Wärmebildkamera detektierter Feldhase	26
Abbildung 7: Aufnahme eines Landschaftsteils im Untersuchungsgebiet Opferbaum bei Tag (a) sowie mit der Wärmebildkamera (b) bei Nacht mit fünf detektierten Feldhasen	29
Abbildung 8: Beispiel zweier Festpunkte mit den einsehbaren Landschaftsbereichen und Landmarken	32
Abbildung 9: Minimaldistanz beobachteter Feldhasen zu Wintergetreide und Waldrändern	36
Abbildung 10 a: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Fritzlar	51
Abbildung 10 b: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Güntersleben	51
Abbildung 10 c: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Opferbaum	51
Abbildung 11: Mittlere Straßen- und Wegelänge in Kilometer pro km <sup>2</sup> in den untersuchten Landschaften	52
Abbildung 12: Taxationsstreifen der Scheinwerfererfassung und Feldhasenabundanz für das Untersuchungsgebiet Güntersleben	91

# Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike Information Criterion
ALK	Automatisches Liegenschaftskataster
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BJV	Bayerischer Jagdverband
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DFK	Digitale Flurkarte
DJV	Deutscher Jagdschutzverband e.V.
GIS	Geographisches Informationssystem
GLM	Generalisiertes Lineares Modell
ha	Hektar
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
LWG	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
m	Meter
µm	Mikrometer (entspricht einem Tausendstel Millimeter)
mm	Millimeter
NN	Normalnull
OLAP	Offenlandarten-Mischung (Buntbrache)
ST	Scheinwerfertaxation
TK	Topographische Karte
WBK	Wärmebildkamera
WILD	Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands



# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Der Feldhase ist das vielleicht bekannteste Wildtier mitteleuropäischer Agrarlandschaften. Neben seiner gesellschaftlichen Bedeutung als häufig zu beobachtende Art, neben seiner Attraktivität als Jagdwild und als bevorzugtes Wildbret ist er spätestens seit dem Mittelalter zu einem Symboltier des christlichen Osterfestes geworden. In jüngerer Zeit wurde der Feldhase aufgrund seiner Popularität zur „Charakterart des Offenlandes“ oder zur „Ziel-“ bzw. „Leitart des Naturschutzes“ erhoben. Trotzdem ist uns der Feldhase in vielerlei Hinsicht ein unbekanntes Wesen. Noch immer ist größtenteils unbekannt, welche Hauptursachen für seine zum Teil dramatischen Bestandeseinbrüche in Deutschland seit Mitte der 1970er Jahre verantwortlich sind. Ebenso wenig wissen wir über geeignete Maßnahmen, um seine Bestände langfristig wieder zu heben. Die große Zahl aktueller und jüngerer Literatur belegt den Wissensdurst, der nach wie vor diese Wildart umgibt.

Auch das DBU-geförderte Verbundprojekt „Lebensraum Brache“, in dessen Rahmen diese Dissertation angefertigt wurde, hat neben dem Rebhuhn den Feldhasen als Zielart gewählt. Erstes wissenschaftliches Ziel des Projektes sollte es sein, einen möglichen Zusammenhang sogenannter wildtierfreundlicher Maßnahmen, in diesem Fall Buntbrachen, und der Populationsdynamik der Zielarten zu untersuchen. Schnell stellte sich dabei jedoch heraus, dass die angestrebte Projektlaufzeit von drei Jahren zu kurz sein würde, um gesicherte Aussagen über mögliche Zusammenhänge ableiten zu können. Als ergänzendes wissenschaftliches Ziel rückte somit die Habitatnutzung der Zielarten, insbesondere das der Feldhasen, in den Mittelpunkt der Untersuchungen. Ausschlaggebend für die eigentliche Thematik dieser Dissertation war schließlich der Anreiz, moderne methodische und technische Ansätze zu benutzen, um auf der Basis einer großen Datengrundlage Erkenntnisse über die statistischen Zusammenhänge zwischen dem Habitat und der Habitatnutzung von Feldhasen zu gewinnen. Ausgehend von der Annahme, dass sich die Landschaftsstruktur auf den Beutegreiferdruck und die für Feldhasen zur Verfügung stehende Nahrungsqualität und -quantität auswirkt (HACKLÄNDER 2002), sollen die gewonnenen Erkenntnisse schließlich als Entscheidungshilfe bei der Maßnahmenplanung zur Förderung von Feldhasen in der Agrarlandschaft dienen.

### 1.2 Methodenüberblick

Untersuchungen zur Habitatwahl bzw. -nutzung von Feldhasen wurden in der Vergangenheit vielfach durchgeführt. Je nach Fragestellung, finanzieller und personeller Mittel sowie technischer Möglichkeiten bediente man sich verschiedener feldökologischer Methoden.

Die **Scheinwerfertextation** (vgl. FRYLESTAM 1981, AHRENS et al. 1995, DEUTSCHER JAGDSCHUTZ VERBAND 2003, NÖSEL et al. 2003) in verschiedenen Varianten spielt sowohl auf der Untersuchungsebene der großräumigen als auch der kleinräumigen Habitatwahl eine bedeutende Rolle. Sie wird zum einen zur reinen Besatzermittlung von Feldhasen in dem zu untersuchenden Landschafts- oder Naturraum genutzt (HOFFMANN 2003, RÜHE et al. 2001 & 2004, HOLZGANG et al. 2005). Zum anderen werden mittels dieser Methode erfasste Feldhasen auch kleinräumig kartiert, dass heißt ihr unmittelbarer Aufenthaltsort zum Zeitpunkt der Scheinwerfertextation wurde mit Hilfe von Kartenmaterial festgehalten und somit genauer definiert (u.a. FRYLESTAM 1992, LEWANDOWSKI & NOWAKOWSKI 1993, PFISTER et al. 2002, PÖTZSCH 2004, PRIGIONI & PELIZZA 1992, ROEDENBECK & VOSER 2007, GENGHINI & CAPIZZI 2005, FULGIONE et al. 2009). BARNES & TAPPER (1985) modifizierten die Taxation von Feldhasen mittels Scheinwerfern, indem sie fixe Zählpunkte im jeweiligen Untersuchungsgebiet bestimmten. Die von diesen fixen Zählpunkten aus einsehbaren landwirtschaftlichen Schläge und Schlagteile wurden bei Tag in eine Karte eingetragen. Nachts strahlten sie die Landschaftsteile schließlich mit einem 300.000 Kerzen-Leuchtkraft-Scheinwerfer halbkreisförmig aus und beobachteten die beleuchteten Gebiete mit einem 7x50 Fernglas. Bei guter Sicht wurden auf diese Weise Entdeckungsdistanzen von Feldhasen bis zu 300 m erreicht (in: LANGBEIN et al. 1999). Diese Methode der nächtlichen Taxation von Feldhasen nutzten auch STOATE & TAPPER (1993). ANDREAS (1990) und FISCHBECK & RIEGER (2001) nannten diese Methode „**Punkt-Stopp-Zählung**“. In ihren Untersuchungen hielten sie neben der Anzahl auch den jeweiligen Aufenthaltsort der Individuen fest. Bei der „Punkt-Stopp-Zählung“ mittels Handscheinwerfern liegt die maximale Sichtweite durch Nutzung des Fernglases ebenfalls bei 300 m (PÖTZSCH 2004). PÉROUX et al. (1997) ermittelten eine Entdeckungswahrscheinlichkeit für Feldhasen mit Hilfe ihrer sogenannten „Punkt-Transekt-Stichprobe“. Hier wurden ebenfalls mit Hilfe von in der Landschaft verteilten Beobachtungspunkten Feldhasen mittels Scheinwerfern erfasst und kartiert.

Auf der Ebene des großräumigen Vergleiches von Besatzdichten des Feldhasen wurde bis vor einigen Jahren neben der Scheinwerfertextation vor allem die **Jagdstreckenstatistik** verschiedener Regionen als Datengrundlage genutzt (u.a. NYENHIUS 1998, PIELOWSKI 1990, SCHÄFERS 1996, SCHRÖPFER & NYENHIUS 1982). PANEK & KAMIENIARZ (1999) nutzten neben

der Jagdstreckenstatistik vor allem die Streifentaxation durch **Zähltreiben** zur Bestimmung der Feldhasendichte in verschiedenen Regionen Polens. AHRENS (1990) nutzte die Methode der Streifentaxation mittels Treiberkette im Frühjahr zur Ermittlung individueller Besatzdichten auf verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen, PÉPIN (1986) und PÉPIN & ANGIBAULT (2007) hingegen führten in offenen Agrarökosystemen Frankreichs umfassende Erhebungen mittels Treibern zur Bestimmung von Tageseinständen und Frühjahrsdichten des Feldhasen durch. BAUMANN (2003) beschreibt das dem Zähltreiben ähnliche und von ihm benannte „Auskämmen“ zur Bestimmung bevorzugter Sassenhabitats. TOTTEWITZ (1993) und ZÖRNER (1975) stützen sich bei ihren Aussagen über die Lebensraumnutzung bzw. Raumstruktur der jeweils untersuchten Feldhasenpopulation unter anderem auf **Beobachtungsdaten von eigens errichteten Hochsitzen bzw. aus Zufallsbeobachtungen** von Feldhasen in den entsprechenden Untersuchungsgebieten.

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung von Dichte und Habitatnutzung von Feldhasen ist die **Kot-Zähl-Methode**. WRAY (1992) modifizierte beispielsweise eine Methode von TAYLOR & WILLIAMS (1956) zur Bestimmung saisonaler Schwankungen von Feldhasenpopulationen. HOMOLKA (1985) wiederum verglich die Zusammensetzung von Kot-Proben mit ihrer Umgebungsvegetation und leitete so Bewegungsdistanzen zur Nahrungsaufnahme von Feldhasen ab. OĞURLU (1997) und KARMIRIS & NASTIS (2006) ermittelten mittels Kot-Zähl-Methode die Habitatwahl von Feldhasen, letztere in verschieden stark beweideten Grünlandbereichen. Darüber hinaus kann auch die **Untersuchung toter Feldhasen** Hinweise auf die Habitatwahl -bzw. -nutzung von Feldhasen liefern. Dabei geht es zum einen um allgemeine Konditionsmerkmale getöteten Feldhasen wie Gewicht und Fettspeicher aus unterschiedlichen Habitaten (JENNINGS *et al.* 2006, PACI *et al.* 2007) oder um die Zusammensetzung der Mageninhalte im Vergleich zu den zur Verfügung stehenden Ressourcen (REICHLIN *et al.* 2006, FRYLESTAM 1986).

Die am häufigsten eingesetzte feldökologische Methode zur Bestimmung kleinräumiger Habitatpräferenzen des Feldhasen stellt jedoch die **Telemetrie** dar. Neben der speziellen Untersuchung von Auswirkungen verschiedener landschaftsökologischer Faktoren auf eine Feldhasenpopulation (u.a. MARBOUTIN & AEBISCHER 1996, RÜHE 1999, SMITH *et al.* 2004, SMITH *et al.* 2005b) wurden mittels Telemetrie auch Fragen zum Sozialverhalten (PFISTER 1984) und dem allgemeinen Bewegungsmuster von Feldhasen untersucht (u.a. PEPIN & CARGNELUTTI 1994, REITZ & LÉONARD 1994, RÜHE & HOHMANN 2004, SPÄTH 1989, FERRETTI *et al.* 2010). Im Gegensatz zur bisherigen Radio-Telemetrie lassen technische

Fortschritte für die Zukunft den Einsatz von GPS-Telemetrie beim Feldhasen erwarten. Hierzu liegen bereits erste Studien vor (ZACCARONI *et al.* 2009).

Ein umfangreicher Überblick über europäische Untersuchungen hinsichtlich des Habitatverhaltens von Feldhasen und betreffs feldökologischer Methoden für deren Untersuchung wird in den Arbeiten von SMITH *et al.* (2005a) und LANGBEIN *et al.* (1999) gegeben.

### **1.3 Stand des Wissens**

Bei der Untersuchung von Habitatpräferenzen von Feldhasen lassen sich zwei generelle Fragestellungen unterscheiden. Zum einen der Vergleich von Feldhasenstrecken oder -dichten auf der Ebene großräumiger Natur- und Landschaftsräume und zum anderen die räumlich explizite Analyse des Habitatverhaltens von Populationen oder gar Individuen. Ziel der ersten Methode ist, mit Hilfe verschiedener Landschaftsparameter mögliche Unterschiede zwischen den Feldhasendichten der untersuchten Natur- und Landschaftsräume zu erklären. So stellten bereits SCHRÖPFER & NYENHUIS (1982) die Jagdstrecken aus 100 Jagdkreisen des Landes Nordrhein-Westfalen mit der jeweiligen Landschaftsstruktur und der Bewirtschaftungsform des Agrarlandes mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse in Beziehung. Bei der multiplen Regressionsanalyse werden mehrere unabhängige Variablen oder Funktionen der unabhängigen Variablen berücksichtigt, um die abhängige Variable zu erklären. Dadurch waren sie in der Lage, die besondere Bedeutung einer einzelnen Variable auf die Jagdstrecke im Vergleich zu den anderen betrachteten Variablen zu bestimmen. Im Ergebnis hoben sie Wintergetreide, Mähweiden und Saumhabitate in Form von Feldgehölzen als Attribute hervor, die in Zusammenhang mit erhöhten Feldhasen-Strecken standen. Das Ergebnis einer Korrelationsanalyse, bei dem der statistische Zusammenhang einzelner unabhängiger Variablen mit der Jagdstrecke untersucht wurde, zeigte, dass große Monokulturen einen negativen Einfluss auf den Feldhasenbesatz haben. In einer ähnlichen Untersuchung verweist NYENHUIS (1998) auf den steigenden positiven Einfluss von Getreide- und Maisäckern in Agrargebieten, während der Anteil an Hackfruchtflächen im Untersuchungszeitraum abnehmenden positiven Einfluss auf die Abundanz der Feldhasen zeigt. PANEK & KAMIENIARZ (1999) zeigen ebenfalls mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse den negativen Zusammenhang zwischen der Feldhasenstrecke und der Anzahl an Waldrändern sowie dem Waldflächenanteil. Einen positiven Einfluss hat die Anzahl permanenter Deckungsstrukturen auf die Feldhasendichte. BAKALLOUDIS *et al.* (2009) ermittelten für 49

Untersuchungsräume in Griechenland erhöhte Feldhasen-Dichten durch steigende Anteile von Deckungsmöglichkeiten im Gesamtlebensraum.

PACI *et al.* (2007) ermittelten die Feldhasendichten in einem fast 20.000 ha großen italienischen Untersuchungsgebiet mit Hilfe von Scheinwerfertextationen und beschreiben die höchsten Dichten in Highlands und in offenen Feldregionen ohne Waldränder. Dort waren auch die ermittelten Konditionswerte der Feldhasen besser. LUNDSTRÖM-GILLIÉRON & SCHLAEPFER (2003) kommen aufgrund ihres Vergleiches zwischen Jagdstrecken und verschiedenen Landschaftsstruktur-Indizes in der Schweiz zu dem Schluss, dass Feldhasen intensiv landwirtschaftlich bewirtschaftete Regionen meiden und höhere Dichten in Regionen mit höheren Waldanteilen ausbilden. Grünlandgebiete mit Viehbeweidung haben hier ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Feldhasendichte. RÜHE *et al.* (2004) weisen darauf hin, dass die Feldhasendichte im November negativ beeinflusst wird von der mittleren Feldgröße und der Waldrandlänge, positiv von den Anteilen an Sommergetreide und Viehweide. In ihrem Review-Artikel kommen SMITH *et al.* (2005a) zu der Schlussfolgerung, dass Habitatveränderungen hauptverantwortlich sind für den europaweiten Rückgang der Feldhasenbesätze. Als eine weitere Schlussfolgerung wird die Förderung von Brachen als Möglichkeit der Besatzsteigerung hervorgehoben. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen VAUGHAN *et al.* (2003), die aufgrund einer Befragung von 3.000 Landwirten in England das Vorhandensein ganzjähriger Deckung sowie das Vorkommen von Wintergetreide und Zuckerrüben als wichtige Faktoren für hohe Feldhasenbesätze angeben. PETRAK (1990) wiederum findet in 30 Vergleichsrevieren der westlichen Bundesländer keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der mittels Scheinwerfertextation ermittelten Frühjahrsdichte und dem Anteil bzw. der Häufigkeit von verschiedenen Landschaftsstrukturelementen. KILIAS & ACKERMANN (2001) schließlich kommen in ihrer auf das Bundesland Bayern begrenzten Studie zu dem Ergebnis, dass mit dem Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche auf Gemeinde-Ebene auch die Wahrscheinlichkeit für höhere Feldhasendichten steigt. Außerdem trage der Strukturreichtum der landwirtschaftlichen Fläche zu höheren Feldhasendichten bei.

Die zweite Möglichkeit zur Untersuchung des Habitatwahlverhaltens von Feldhasen ist, die explizite kleinräumige Habitatpräferenz auf der Populations- oder gar Individuenebene zu bestimmen. Zu diesem Zweck bedient man sich für gewöhnlich zweier Methoden, der Telemetrie oder, wie im Fall der vorliegenden Studie, der Kartierung direkt beobachteter Feldhasen. Beide Methoden wurden in vielen bereits abgeschlossenen Studien verwendet. Um einen besseren Überblick über die bisher durchgeführten Studien zu bekommen, fasst Tabelle 1 alle Arbeiten zusammen, in denen das räumlich explizite Habitatverhalten von Feldhasen

untersucht wurde. Diese Arbeiten sind am ehesten mit der vorliegenden Untersuchung vergleichbar, da die Daten individuenbasiert erhoben wurden.

*Tabelle 1: Methodik und Art der Untersuchungsräume räumlich expliziter Studien zur Habitatnutzung von Feldhasen*

<b>Autor (Jahr)</b>	<b>Dauer und Art der Erfassung</b>	<b>Art des Untersuchungsraumes</b>
AHRENS (1990)	3-jährig Auskämmen (Streifentaxation) im Frühjahr und Herbst	kein arrondiertes Untersuchungsgebiet, ausgewählte Bereiche in drei intensiv genutzten Ackerbaulandschaften Ostdeutschlands (Wanzleben, Apolda, Wriezen)
ANGELICI ET <i>al.</i> (1999)	2-jährig ganzjährige Telemetrie von 13 in Gefangenschaft geborenen Feldhasen (ursprünglich 44 Feldhasen)	ein Untersuchungsgebiet (1.200 ha) in einer Mittelgebirgsregion in Mittelitalien mit Grassland und Verbuschungszonen bzw. Kiefernanzpflanzungen
BARNES et <i>al.</i> (1983)	2-jährig Scheinwerfertextation (September bis April), Auskämmen (Herbst und Winter), Capture-Mark-Recapture und Direktbeobachtung (Mai - Juli)	ein Untersuchungsgebiet (700 ha) auf landwirtschaftlicher Nutzfläche mit Ackerbau und Grünlandbereichen (ohne Waldanteil)
BAUMANN (2003)	monatliches Auskämmen während dreier Winter	ein Untersuchungsgebiet (450 ha) in intensiv genutzter Ackerbaulandschaft (ohne Waldanteil)
BRESINSKI (1983)	2-jährig Ermittlung von Fangraten bei Netzfang im Dezember und Januar	kein arrondiertes Untersuchungsgebiet, 15.000 ha Fangflächen in verschiedenen Habitattypen (Ackerbaufläche, siedlungsnah Bereiche, walddnahe Wald, Wald)
FRYLESTAM (1986)	3-jährige Magenanalyse von Oktober bis Dezember	drei Untersuchungsgebiete in unterschiedlichen Habitattypen: Grünland (Revinge), Ackerbau (Ven-Insel), gemischte Habitate (Vasatorp)
FRYLESTAM (1992)	2-jährig Scheinwerfertextation an Futterstreifen während des ganzen Jahres	intensiv genutzte Ackerbauflächen, Fokus auf angelegte Futterstreifen
FUGIONI et <i>al.</i> (2009)	2-jährig ganzjährig Scheinwerfertextation in einer	ein Untersuchungsgebiet (ca 60.000 ha) in einer mediterranen Mittelgebirgsregion Italiens mit hohem Waldanteil
KARMIRIS & NASTIS (2006)	1-jährige Kotzählung in einem 3-Monats-Rhythmus	ein Untersuchungsgebiet (300 ha) in mediterraner Grünlandregion mit umgebenden Kiefernwäldern
LEWANDOWSKI & NOWAKOWSKI (1993)	3-jährig Auskämmen im Herbst und Winter	1. monotones Ackerbauhabitat 2. kleinparzelliertes Ackerbauhabitat
MERIGGI & VERRI (1990)	1-jährig Transektzählung entlang von Wegen und Auskämmen in November und März	ein Untersuchungsgebiet (396 ha) in einem Überschwemmungsgebiet mit hohem Anteil Pappel-Plantagen (82 %) und wenig Ackerbau

Fortsetzung Tabelle 1

<b>Autor (Jahr)</b>	<b>Dauer und Art der Erfassung</b>	<b>Art des Untersuchungsraumes</b>
PÉPIN & ANGIBAUT (2007)	11-jährig Auskämmen im Frühjahr, zusammengefasst in drei Perioden	zwei Untersuchungsgebiete in einer intensiv genutzten Ackerbau Landschaft: 1. monotoner, flacher Landschaftsteil mit wenig Gehölzen (La Dinde 310 ha, 2. strukturierte Landschaft mit größerem Gehölzanteil und Grünland Le Plessis 375 ha)
PÉPIN (1986)	4-jährig Auskämmen im Frühjahr	drei Untersuchungsgebiete (Vaubéron Nord 199 ha, Vaubéron Sud 224 ha, Le Murger 227 ha) in intensiv genutzten Ackerbau Landschaften, zwei Untersuchungsgebiete mit angrenzendem Wald
PFISTER et al. (2002)	10-jährig Scheinwerfertextation im Frühjahr	kein arrondiertes Untersuchungsgebiet, 218 Zählgebiete (147.800 ha) in der Schweiz und in grenznahen Bereichen
PRIGIONI & PELIZZA (1992)	2-jährig Scheinwerfertextation von März bis November und Auskämmen im Frühjahr und Herbst	Zwei Ackerbaugesellschaften in Norditalien (Maghera 417 ha, Vistarino 806 ha) mit Grünlandanteilen und geringen Waldanteilen
ROEDENBECK & VOSER (2007)	2-jährig Scheinwerfertextation im Frühjahr	kein arrondiertes Untersuchungsgebiet, Kanton Aargau in der Schweiz (140.000 ha)
RÜHE (1999)	4-jährig ganzjährige Telemetrie von 41 Feldhasen	ein Untersuchungsgebiet (Reinshof 220 ha) in intensiv genutzter Ackerbau Landschaft im Leinetal, Fokus auf verschiedene Feldfruchtarten
SMITH et al. (2004)	2-jährig ganzjährige Telemetrie von 87 Feldhasen, davon immer etwa 11 zeitgleich, Capture-Mark-Recapture	ein Untersuchungsgebiet (415 ha) in gemischtem landwirtschaftlichen Betrieb mit überwiegendem Grünlandanteil
SMITH et al. (2005B)	2-jährig ganzjährige Telemetrie von 87 Feldhasen, davon immer etwa 11 zeitgleich, Capture-Mark-Recapture	ein Untersuchungsgebiet (415 ha) in gemischtem landwirtschaftlichen Betrieb mit überwiegendem Grünlandanteil
SPÄTH (1989)	Telemetrie	Ackerbauflächen und Waldbereiche in der Oberrheinebene
STEIN-BACHINGER & FUCHS (2004)	3-jährig Telemetrie (8 Feldhasen) und Scheinwerfertextation im Frühjahr und Herbst	ein Untersuchungsgebiet (Ökohof Brodwin 1.250 ha) in extensiv genutztem Ackerbaubetrieb mit umliegenden Waldflächen
TOTTEWITZ (1993)	Beobachtungskanzeln	zwei Untersuchungsgebiete von je etwa 500 ha (Wanzleben, Apolda) in intensiv genutzten Ackerbau Landschaften Ostdeutschlands
ZACCARONI et al. (2009)	Telemetrie von 14 Feldhasen von Januar bis April	ein Untersuchungsgebiet in der Toskana mit mediterranen Gehölzen und Wald

Trotzdem in Tabelle 1 nur die räumlich expliziten Untersuchungen aufgeführt werden, schränken die unterschiedlichen Methoden zur Datenerhebung eine direkte Vergleichbarkeit der jeweiligen Untersuchungsergebnisse ein. So wird mit der Methode des „Auskämmens“, also des Aufstöberns ruhender Feldhasen durch eine Menschenkette, die Wahl der Tageshabitate der Feldhasen untersucht. Die Scheinwerfertextation ist nur dazu geeignet, das nächtliche Habitatnutzung zu untersuchen. Weiterhin sind Größe und Art des Untersuchungsraumes in den genannten Studien sehr unterschiedlich. Sie reichen vom Fokus auf nur wenige Hektar große landwirtschaftliche Schläge bis hin zu über 140.000 ha große Untersuchungsgebiete. Meist wurde das Habitatverhalten von Feldhasen in landwirtschaftlich genutzten Gebieten untersucht, in einigen Fällen wurden angrenzende Wälder oder Sonderstrukturen berücksichtigt. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse und Beobachtungen der in Tabelle 1 vorgestellten Studien einzeln vorgestellt.

SPÄTH (1989) beobachtete mit Hilfe von Telemetrie-Untersuchungen in der Oberrheinebene eine ausgeprägte Präferenz des Feldhasen für Deckungsstrukturen. So diente der Wald vor allem im Winter als bevorzugtes Deckungshabitat. Als weiteres Element mit Deckungsfunktion wurden Brachen von ihm benannt. ANGELICI *et al.* (1999) vermerken, dass Deckungsflächen bevorzugte Sassenhabitate des Feldhasen sind. RÜHE (1999) untersuchte ebenfalls mit Hilfe der Telemetrie die Frage, in wie weit landwirtschaftliche Nutzflächen während der Sommermonate aufgrund ihrer Struktur vom Feldhasen genutzt werden können. Er kommt zu dem Schluss, dass aufgrund hoher sogenannter Raumwiderstände ein Großteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Sommer vom Feldhasen nicht oder nur sehr eingeschränkt genutzt werden. In einem ersten auf logistischer Regression basierenden Habitatmodell für Feldhasen beobachteten PFISTER *et al.* (2002), dass die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Feldhasen höher war bei größeren Gemüse- und Getreideanbauflächen und bei trockeneren Böden. Gemieden werden demnach Siedlungsbereiche und Bäche sowie Hochstammbstgärten. Buntbrachen erreichen hier keinen interpretierbaren Einfluss. STEIN-BACHINGER & FUCHS (2004) ermittelten mittels Scheinwerfertextation eine Präferenz für Feldfutterpflanzen, in dem Fall einem Leguminosen-Gras-Gemenge.

Der Vergleich von Feldhasenvorkommen und -verhalten in Grünland- und Ackerbaubereichen war in den letzten Jahren häufiger Untersuchungsgegenstand von Telemetrie-Studien in England (SMITH *et al.* 2005b, SMITH *et al.* 2004). Demnach kommen Feldhasen häufiger in Ackerbaubereichen als in den verglichenen Grünlandbereichen vor. Die Habitatwahl wurde in Grünlandbereichen hauptsächlich von den Faktoren Nahrungsverfügbarkeit und Vegetationshöhe beeinflusst. Ein signifikanter Zusammenhang



existierte zwischen der Feldhasendichte und Landschaftsstrukturindizes wie beispielsweise der durchschnittlichen Schlaggröße oder der Habitatdiversität (JENNINGS *et al.* 2002). Allerdings war die Nahrungsqualität nicht verantwortlich für die Kondition der Feldhasen und beeinflusste auch nicht ihr Verhalten im Raum (SMITH *et al.* 2005b). In Grünlandbereichen bevorzugten Feldhasen während des Sommers Brachland und Viehweiden gegenüber landwirtschaftlichen Kulturen, Grünlandbereiche mit Schafbeweidung wurden mit Ausnahme des Winters ebenfalls gemieden. Habitate mit größeren Vegetationshöhen wurden gegenüber kleinen Vegetationshöhen während des ganzen Jahres bevorzugt und die Feldhasen mieden zu allen Jahreszeiten kurze, monotone Vegetation (SMITH *et al.* 2004). Insgesamt wird darauf verwiesen, dass das Habitat zwar die Feldhasendichte limitiert, dies allerdings nicht aufgrund fehlender Nahrungsverfügbarkeit sondern wegen mangelnder Deckungsmöglichkeiten. Die Förderung von Brachen wird als Möglichkeit zur Anhebung der Feldhasenbesätze in Grünlandbereichen angesehen (SMITH *et al.* 2004, VAUGHAN *et al.* 2003, JENNINGS *et al.* 2002). ZACCARONI *et al.* (2009) beobachten bei einer Telemetriestudie in der Toskana vor allem am Tag eine deutliche Präferenz von Brachen, außer gegenüber Gehölzen. Während der Nacht wurden Brachen nach Wintergetreide und intensiven Ackerbaukulturen am stärksten bevorzugt.

Im Gegensatz zu den Telemetrie-Studien aus England kommen KARMIRIS & NASTIS (2006) zu dem Ergebnis, dass Feldhasen kurze Vegetation aus Gründen ihres Feindvermeidungsverhaltens gegenüber höherer Vegetation bevorzugen. In diesem Habitat ist eine bessere Übersicht gegeben. Die Autoren untersuchten dabei mittels Kot-Zähl-Methode in einem mazedonischen Untersuchungsgebiet den Zusammenhang zwischen der Intensität der Beweidung von Grünland durch Vieh und der Habitatnutzung des Feldhasen. Auf moderat beweideten Flächen fand man mehr Kot als auf leicht beweideten Flächen, auf unbeweidetem Grünland weniger als auf beweidetem. Als Grund für die im Vergleich mit den nordeuropäischen Untersuchungen unterschiedlichen Ergebnisse wird die unterschiedliche Struktur der jeweiligen Lebensräume diskutiert.

Eine weitere und einschließlich ihrer Modifikationen wohl gebräuchlichste Methode zur Überprüfung von expliziten Habitatpräferenzen des Feldhasen ist die kartographische Dokumentation von Sichtbeobachtungen. Ihre verschiedenen Formen und Ausprägungen werden im Kapitel 1.2 eingehend besprochen. ZÖRNER (1975) beobachtete jahreszeitliche Bewegungen des Feldhasen zwischen Wald und Feld. BRESINSKI (1983) vertiefte diese Ergebnisse und führte Feldhasen-Fänge mit Netzen im Wald, auf direkt am Waldrand gelegenen Feldern und weiter entfernt gelegenen Feldern durch. Dabei stellte sich heraus,

dass im Wald fünfmal mehr Feldhasen gefangen wurden als auf den direkt angrenzenden Feldern und immerhin noch doppelt so viel wie auf weiter entfernt gelegenen Feldern. Ähnliche Ergebnisse ermittelte PÉPIN (1986) im Pariser Becken, in dessen Untersuchung waldnahe Ackerbereiche bei der Sassenwahl, also im Tageshabitat, von Feldhasen unterselektiert wurden. Des Weiterem ermittelte PÉPIN mittels des Jacobs-Index, der die erwartete und die tatsächliche Nutzung eines Strukturelementes in Beziehung setzt und dessen Meidung bzw. Präferenz mit Indexwerten von -1 bis 1 ausdrückt, Sassenpräferenzen für gepflügte Äcker und Wintergetreide gegenüber geegigten Äckern und Grünland. In einer ähnlichen Studie beobachtet PÉPIN & ANGIBAUT (2007) im selben Untersuchungsgebiet eine Abnahme der Präferenz für gepflügte Äcker mit dem Aufwachsen der Wintergetreidefelder im Frühjahr. Allerdings beschreibt er in dieser elfjährigen Studie unterschiedliche Ergebnisse in den einzelnen Untersuchungsperioden. So bevorzugten Feldhasen während der ersten, vierjährigen Untersuchungsperiode Brachen, Luzernen-Felder und Grünland, während der beiden folgenden zwei Untersuchungsperioden mieden sie diese Strukturen jedoch.

Auch PRIGIONI & PELIZZA (1992) nutzten den Jacobs-Index zur Formulierung möglicher nächtlicher Habitatpräferenzen des Feldhasen. Sie ermittelten im Verlauf eines Jahres konstante Selektion von Grünland mit Ausnahme von Pferdeweiden. Getreidefelder wurden im niedrigen Zustand bevorzugt, Stoppeläcker wurden dagegen nur dann selektiert, wenn sie bis zum nächsten Frühjahr brach liegen gelassen wurden. Gleiches galt für Felder, die unmittelbar nach der Ernte gepflügt wurden. Als Deckungshabitat wurden im Frühjahr Wälder und Brachflächen und im Herbst Pappelhecken mittels Streifentaxation ermittelt. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass die Präferenz für verschiedene Landschaftselemente in Abhängigkeit zu der jeweiligen Jahreszeit starken Schwankungen unterlegen ist und führen dies auf die landwirtschaftliche Bearbeitung der Gebiete während der Untersuchungen zurück. FRYLESTAM (1992) untersuchte den Effekt angelegter Grünfütterstreifen und ermittelte eine ganzjährige Präferenz von Feldhasen für diese Maßnahme. Außerdem wurden bis in den Mai hinein Wintergetreidefelder selektiert, anschließend gewann der Einfluss von Zuckerrübenfeldern an Bedeutung. Nach der Ernte schließlich wurden Felder mit Auflaufgetreide bevorzugt. Mit Hilfe unterschiedlicher Methodiken untersuchten BARNES *et al.* (1983) den Einfluss von Beweidung im Grünlandbereich auf die Habitatwahl des Feldhasen. Mit Hilfe des Jacobs-Index wiesen sie darauf hin, dass durch Vieh beweidetes Grünland weniger von Feldhasen genutzt wurde als unbestockte Bereiche. LEWANDOWSKI & NOWAKOWSKI (1993) wiederum nutzten eine Varianzanalyse zur Ermittlung möglicher Effekte unterschiedlicher landwirtschaftlicher

Kulturen auf die Abundanz des Feldhasen. Sie konnten lediglich einen leichten Trend zur Meidung von Raps bzw. eine ebenfalls nichtsignifikante Präferenz für Stoppelfelder zum Winterausgang erkennen. Allerdings konnte beobachtet werden, dass Feldhasen Ackerrandbereiche gegenüber den Ackerzentren bevorzugten. Weiterhin fanden die Autoren einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen der Habitatwahl des Feldhasen und der mittels des Shannon-Indexes beschriebenen Diversität des selektierten Habitats.

Auf Beobachtungsfrequenzen an Flurgehölzstreifen im Vergleich zu Referenzstreifen beruhen die Aussagen von TOTTEWITZ (1993), nach denen Flurgehölzstreifen von Feldhasen stark präferiert wurden. AHRENS (1990) weist bereits auf die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen hin, nachdem er im Frühjahr mit Hilfe der Scheinwerfertextation die meisten Feldhasen auf äsungsbietenden Flächen wie Getreide- und Rapsschlägen angetroffen hat. Im Winter stellte er Feldhasenkonzentrationen auf Wintergetreideschlägen fest. Derselbe Autor kommt 1996 zu ähnlichen Ergebnissen, weist allerdings diesmal auch auf die positive Bedeutung von Brachen und Stoppeläckern hin. HOLZGANG *et al.* (2005) verglichen die Habitatzusammensetzung in Zonen mit Hasenvorkommen mit der des ganzen untersuchten Gebietes. Bei der Frühjahrstaxation mit Scheinwerfern zeigten sie hier eine deutliche Präferenz des Feldhasen für Brachen unter anderem im Gegensatz zu Acker, Grünland, Gehölzen und Wald. Im Herbst wurden demnach vor allem Acker und Kieswege selektiert. Eine gezielte Untersuchung der Sassenwahl in Landschaften mit Pflugäckern führte BAUMANN (2003) durch. Dabei stellte er eine Präferenz für Pflugfurchen und Buntbrachen mit Strukturrhöhen zwischen 20 bis 35 cm fest. Gemieden wurden bezüglich der Sassenwahl Getreidesaatfelder. MERIGGI & VERRI (1990) beobachteten mit Hilfe von Zähltreiben und Linien-Transekt-Erfassung Unterschiede zwischen Tages- und Nachthabitaten. Sassenhabitate wiesen dabei bevorzugt hohes Gras und Gehölze auf. FULGIONE *et al.* (2009) modellierten mit Hilfe einer Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) die ökologische Nische von 32 mittels Scheinwerfertextation erfassten Feldhasen in einer mediterranen Mittelgebirgsregion Italiens. Der wichtigste Faktor, der die Habitatnutzung der Feldhasen beeinflusste, war eine Präferenz für Süd-West-exponierte Lagen.

ROEDENBECK & VOSER (2007) beschäftigen sich hauptsächlich mit dem Effekt von Straßen auf die räumliche Verteilung, Dichte und Sterblichkeit von Feldhasen im Schweizer Kanton Aargau. Dazu unterscheiden sie drei räumliche Ebenen: die unmittelbare Umgebung der Straßen, das Untersuchungsgebiet auf der Basis von Rastern und die Jagdbezirke. Für ihre Analysen nutzen sie Daten aus Scheinwerferzählungen der Jahre 2003 und 2005 sowie die Fallwildstatistik aus 219 Jagdrevieren. Ebenso wie in der hier vorgestellten Arbeit vergleichen

sie die Feldhasenstandorte mit einer Anzahl Zufallspunkte im Untersuchungsgebiet. Der statistische Einfluss von Habitatparametern wird ebenfalls unter Zuhilfenahme von Distanzmessungen untersucht. Die univariate Analyse der Daten wird mit Hilfe des U-Tests vorgenommen, eine multivariate Modellbildung geschieht mit Hilfe eines Generalisierten Linearen Modells (GLM). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass Feldhasen die Nähe von Straßen meiden und große, nicht-fragmentierte Gebiete gegenüber kleinen, durch Straßen fragmentierte und damit isoliert liegende Gebieten meiden. Die Straßendichte hat damit einen negativen Effekt auf die Feldhasendichte. Feldwege haben nach ROEDENBECK & VOSER dagegen einen positiven Effekt auf die Feldhasendichte. Die Autoren führen dies auf die Begleitvegetation solcher Wege zurück, die das Nahrungsspektrum des Feldhasen erweitere. Die multivariate Modellbildung zeigt eine signifikante Meidung urbaner Gebiete und die Bevorzugung von Waldrändern. Außerdem wird die Nähe zu Artgenossen, also eine habitatunabhängige Variable, bevorzugt. Der Einfluss von Buntbrachen auf das Habitatverhalten von Feldhasen wurde in der Untersuchung zwar berücksichtigt, ist aber nicht signifikant. Die mittlere Entfernung der Zufallspunkte zur nächst gelegenen Buntbrache lag in diesem Fall bei über 850 m und zeigt, dass Buntbrachen in dem untersuchten Gebiet vergleichsweise selten anzutreffen waren.

Als weitere Methode zur Ableitung der Habitatwahl des Feldhasen sollen hier abschließend drei Studien zu Untersuchungen toter Feldhasen erwähnt werden. Die Arbeit von JENNINGS *et al.* (2006) beschäftigt sich mit allgemeinen Konditionsmerkmalen des Feldhasen. Sie stellen fest, dass Feldhasen aus Grünlandbereichen insgesamt kleiner und leichter waren und weniger Fettspeicher aufwiesen als solche aus ausgesprochenen Ackerbau Landschaften. Die bereits beschriebenen Ergebnisse von PACI *et al.* (2007) bestätigen diese Beobachtung. REICHLIN *et al.* (2006) untersuchten die Mageninhalte von ca. 120 getöteten Feldhasen und verglichen die darin gefundenen Artanteile der Pflanzen mit der im Umkreis von 400 m um den Erlegungsort verfügbaren Vegetation. Der Vergleich der Anteile von verfügbarer und tatsächlich genutzter Nahrung wurde schließlich mit Hilfe des Chessons Electivity-Index durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass überwiegend Pflanzenteile von Ackerfrüchten wie Winterweizen und Zuckerrüben in den Mägen der Feldhasen vorhanden waren. Diese Pflanzen wurden auch unter Berücksichtigung ihrer Nahrungsverfügbarkeit präferiert. Insgesamt aber waren 93 % aller verfügbaren Pflanzenarten unterselektiert. FRYLESTAM (1986) verglich das Vorkommen bestimmter Pflanzen in Feldhasen-Mägen aus Regionen unterschiedlicher landwirtschaftliche Nutzungsformen mit dem relativen Vorkommen dieser Pflanzen in den Regionen. Auch er stellte fest, dass vor allem

Winterweizen, wenn auch in unterschiedlichen Intensitäten zwischen den untersuchten Regionen, eine beliebte Äsungspflanze sei. Auch Raps werde bevorzugt, allerdings nehme seine Attraktivität im Laufe des Herbstes ab.

Über diesen allgemeinen Überblick hinaus, wird die Bedeutung verschiedener Habitatelemente auf die Habitatnutzung von Feldhasen in Kapitel 4.2.1 im Zusammenhang mit den Ergebnissen der hier vorgestellten Studie diskutiert.

### **1.4 Ziele**

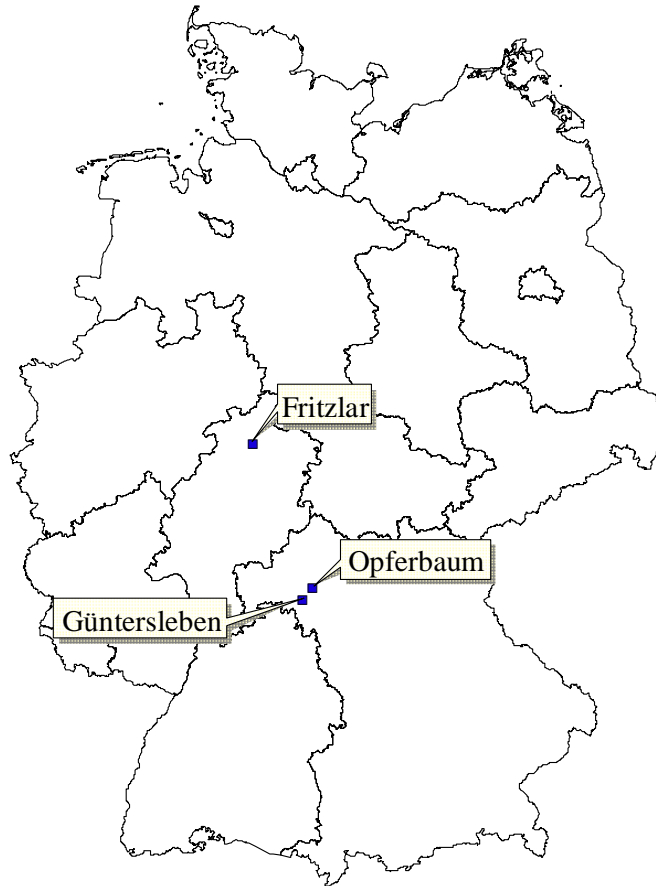
Es ist anzunehmen, dass sich Wildtierpopulationen der gleichen Spezies in unterschiedlichen Lebensräumen bezüglich ihrer Habitatwahl verschieden verhalten. Hinweise darauf, dass dies auch für den Feldhasen zutrifft, finden wir u.a. bei LUNDSTRÖM-GILLIÉRON & SCHLAEPFER (2003), SMITH *et al.* (2005a) oder PRIGIONI & PELIZZA (1992). Die Vielzahl der in Kapitel 1.3 vorgestellten Studien zeigt, dass die Frage nach dem Habitatverhalten von Feldhasen bereits von vielen Seiten beleuchtet wurde. Ebenso vielfältig wie die eingesetzten Methoden ist der Charakter der Untersuchungsgebiete und der Zeitraum bzw. der Zeitpunkt der Datenerhebung. Auch die Untersuchungsergebnisse sind sehr unterschiedlich und widersprechen sich in Teilen sogar. Eine bedeutende Rolle könnten dabei die Art des Untersuchungsgebietes und der Zeitraum der durchgeführten Untersuchungen spielen.

Haupt-Ziel der vorliegenden Studie ist daher zu überprüfen, ob der Einfluss der untersuchten Variablen auf die nächtliche Habitatnutzung von Feldhasen zwischen verschiedenen Habitaten variiert. Dafür wird zunächst der grundsätzlichen Frage nachgegangen, ob Feldhasen nachts näher oder entfernter von bestimmten Strukturelementen der Landschaft beobachtet wurden als bei einer zufälligen Verteilung. In einem weiteren Schritt gilt zu klären, ob die untersuchten Variablen unterschiedlich starke Auswirkungen auf die nächtliche Verteilung der Feldhasen besitzen. Vor dem Hintergrund der sich ändernden Agrarlandschaft während des Herbstes und Winters soll des weiterem die Frage nach möglichen Veränderungen der räumlichen Verteilung von Feldhasenpopulationen während der Untersuchungsmonate gestellt werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiete

#### 2.1.1 Fritzlar



*Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete in Deutschland*

Abbildung 1 zeigt die Lage der drei Untersuchungsgebiete in Deutschland. Die Untersuchungsgebiete Güntersleben und Opferbaum liegen im Landkreis Würzburg, das Untersuchungsgebiet Fritzlar befindet sich im Landkreis Schwalm-Eder. Die Untersuchungsgebiete der vorliegenden Studie entsprechen den Projektgebieten des Projektes „Lebensraum Brache“, in denen gezielt wildtierfreundliche Brachen angelegt worden sind. Die Gebietskulisse des Projektes „Lebensraum Brache“ enthielt darüber hinaus jeweils ein Kontrollgebiet, das an das Projektgebiet unmittelbar angrenzte und in dem keine wildtierfreundlichen Brachen angelegt waren. Diese Kontrollgebiete haben für die vorliegende Untersuchung keine Bedeutung.

Das am östlichen Rand des Habichtswaldes gelegene Untersuchungsgebiet Fritzlar ist ca. 3 km nördlich der Stadt Fritzlar im Gemarkungsbereich des Ortes Lohne gelegen finden (N 51°10'52.32"/ O 9°15'46.08"). Mit einer Größe von ca. 1150 ha und einem Höhenniveau

zwischen 390 bis knapp unter 210 m über NN erstreckt es sich in den Naturraum der „Elberberger Höhen“ bzw. in die „Fritzlarer Börde“. Naturräumliche Haupteinheit bilden hier die „Ostwaldecker Randsenken“, welche im Untersuchungsgebiet in östliche Richtung in die „Westhessische Senke“ übergehen. Gruppe der Haupteinheit ist das „Westhessische Berg- und Senkenland“ (KLAUSING 1988). Die „Ostwaldecker Randsenken“ bilden einen überwiegend mesozoischen Senkenzug am Ostrand der „Waldecker Tafel“ und des Kellerwaldes im Bereich tektonischer Gräben und Staffelbrüche zur „Westhessischen Senke“. In gegenüber der „Waldecker Tafel“ weiter abgesenkter Höhenlage finden sich hier noch einzelne Bergkegel und -kuppen, die 500 m Höhe erreichen. Buntsandstein, Basalt und Muschelkalk schaffen im Verein mit Lößinseln eine weitgespannte Mannigfaltigkeit der Böden und Standorte für den Pflanzenwuchs. Das heute weitgehend waldfreie ackerbaulich genutzte Gebiet ist floristisch außerordentlich artenreich und durch wärme- und trockenheitsliebende Arten gekennzeichnet (KLAUSING 1988, BÜRGENER 1963, MEYNEN *et al.* 1953-1962, MEISEL 1959, SANDNER 1960).

Die am Rande des „Osthessischen Berglandes“ eingetieft, lang gestreckte, im Wesentlichen nordsüdlich verlaufende und bis an den Unteren Vogelsberg heranreichende „Westhessische Senke“ stellt die Zone stärkster Absenkung im nördlichen Teil der großen „Hessischen Senke“ dar. Mit Ausnahme der ebenen Flussniederungen von Schwalm, Eder und Fulda bildet die „Westhessische Senke“ ein überwiegend lößbedecktes Hügelland. Sie lässt eine Kette von Niederungen und Becken erkennen, die durch nur flache Schwellen und Rücken voneinander getrennt sind. Diese von Süden nach Norden gerichtete Abfolge bedingt die weitere Untergliederung dieser naturräumlichen Haupteinheit (KLAUSING 1988, RÖLL 1969, MEYNEN *et al.* 1953-1962, KLINK 1969, SANDNER 1960).

Den Übergang zwischen den beschriebenen Naturräumen bilden die im Untersuchungsgebiet liegenden Kuppen des Habichtswaldes, welchen sich gehölzreiche, extensiv bis mäßig intensiv genutzte Grünlandbereiche anschließen. Diese leiten in die großflächig bewirtschaftete, fruchtbare „Fritzlarer Börde“ über, in der die östlichen Teile des Untersuchungsgebietes Fritzlar zu finden sind. Auch sie stellt ein lößbedecktes Ausräumungsbecken dar. Trotz geringem mittleren Jahresniederschlag (550-600 mm/ Jahr) (MÜLLER-WESTERMEIER *et al.* 1999 & 2001) ist dies Hügelland aufgrund des hohen Wasserspeichervermögens der Böden ein überwiegend intensiv bewirtschaftetes Ackerbaugebiet. So stellt Wintergetreide mit zum Teil über 35 % der Gesamtfläche die wichtigste landwirtschaftliche Kultur dar. Die wildtierfreundlich begrünten Stilllegungen wurden hier auf knapp 2,5 % des Offenlandes umgesetzt. 30 % des Untersuchungsgebietes

sind im nordwestlichen Bereich mit einem arrondierten Waldkomplex aus Ausläufern des Habichtswaldes bestockt. Das Höhenniveau innerhalb des Untersuchungsgebietes fällt von hier aus kontinuierlich in südöstlichem Verlauf ab. Die natürliche potentielle Vegetation ließe sich in diesen Bereichen als ein Perlgras-Buchenwaldgebiet ansprechen (KLAUSING 1988). Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,5 °C (MÜLLER-WESTERMEIER *et al.* 1999 & 2001).

Mit Hilfe der Scheinwerfer-Streifentaxation wurde während der Untersuchungen im Projekt „Lebensraum Brache“ eine mittlere Feldhasendichte von 10,1 Feldhasen/ km<sup>2</sup> im Untersuchungsgebiet Fritzlar festgestellt (Anhang 1). Damit ist die Feldhasen-Abundanz im untersuchten Gebiet nur halb so groß wie im deutschen Durchschnitt der Jahre 2004 bzw. 2005 ermittelt (BARTEL *et al.* 2005 & 2006).





### 2.1.2 Güntersleben

Das Untersuchungsgebiet Güntersleben befindet sich 10 km nördlich der Stadt Würzburg (N 49°52'14.88"/ O 9°54'12.96") und ist mit 1.603 ha das größte der drei Untersuchungsgebiete. Es liegt überwiegend im Naturraum „Wern-Lauer-Platten“ und gehört zu einer großflächigen Muschelkalkebene, die sich bis nach Röhn-Grabfeld erstreckt und Bestandteil der naturräumlichen Haupteinheit „Mainfränkische Platten“ ist. Etwa ein Viertel der Fläche des Untersuchungsgebietes ist mit Wald bestockt, weitere 10 % sind durch die Siedlungsbereiche der Ortschaft Güntersleben bebaut. Die Landschaft zeigt eine ausgeprägte Reliefenergie. Die Höhen reichen von 235 m über NN südlich des Ortes bis auf 382 m über NN auf der Steinhöhe nördlich der Ortschaft. Die Steinhöhe bildet die höchste Erhebung im Landkreis Würzburg. Die Topographie des Geländes ist durch eine Reihe von Hanglagen bis hin zu Weinberglagen an der Gemarkungsgrenze sehr abwechslungsreich. Von Nordosten nach Süden verlaufend durchfließt der so genannte „Dürrbach“ das Untersuchungsgebiet. Im Norden grenzt der regional bedeutende Waldkomplex des „Gramschatzer Wald“ an.

Als Ausgangsgestein ist überwiegend der mittlere und obere Muschelkalk zu finden. Dieser ist überzogen von einer etwa einen Meter mächtigen, vergleichsweise einheitlichen Deckschicht aus dichtem, mergeligem Grundmaterial, welches durch hohe Skelettanteile auffällt. Im Quartär kam es zu einer teilweisen Lößüberdeckung des Geländes. Innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Gebiete des Untersuchungsgebietes herrscht die Braunlehmrendzina als Hauptbodentyp vor. Entstanden durch Lößüberlagerung des Muschelkalkes spiegelt sie den typischen, leicht kalkhaltigen Boden der „Mainfränkische Platten“ wieder. In den Seitentälern des Dürrbachs tritt eine kolluviale Pararendzina mit bis zu zwei Metern Mächtigkeit auf, die mittels Erosion der umliegenden Hänge entstanden ist. Die heutigen Waldbereiche des Untersuchungsgebietes zeichnen sich durch stark tonhaltige, flachgründige Braunlehme aus. Außerdem sind hier verschiedene, durch starke Tonauswaschung im A-Horizont gekennzeichnete Parabraunerden zu finden. Die potentielle natürliche Vegetation entspricht in diesen Bereichen einem *Galium-Carpinetum* (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU 2005). Die Jahresniederschläge im Bereich Güntersleben liegen im Mittel zwischen 550-580 mm. Mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9,2 °C herrscht ein klassisches Weinbauklima vor.

Etwa die Hälfte der Fläche des Untersuchungsgebietes Güntersleben wird landwirtschaftlich genutzt. Dabei spielen der Anbau von Raps und Sommergerste eine tragende Rolle, Grünlandbereiche sind aufgrund der geringen Niederschläge nur in den Randbereichen des „Dürrbachs“ zu finden. Zuckerrüben werden nur in den bevorzugten

landwirtschaftlichen Bereichen angebaut. Innerhalb der Gemarkung Güntersleben wurden insgesamt 6,4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche mittels Buntbrachen gestaltet.

Aufgrund seiner topographischen Eigenschaften verfügt das Untersuchungsgebiet über Hangbereiche mit wärmeliebenden Wäldchen, Heckenkomplexen, Streuobstwiesen, überwiegend verbuschten Kalkmagerrasen und thermophilen Saumgesellschaften an den Dürrbachhängen nördlich und südlich von Güntersleben. Aufgrund ihrer hohen Strukturvielfalt und der guten Vernetzungssituation sind diese Landschaftsbereiche insgesamt von regionaler Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1999).

Innerhalb des Projektes „Lebensraum Brache“ wurde die Feldhasendichte in den Untersuchungsgebieten jährlich im Frühjahr und Herbst mittels Scheinwerfer-Streifentaxation bestimmt. Die mittlere Frühjahrsdichte der Feldhasen, also die mittlere Größe der effektiven Population betrug im Untersuchungsgebiet Güntersleben im Zeitraum der Jahre 2003 bis einschließlich Frühjahr 2006 21,2 Feldhasen/ km<sup>2</sup> (Anhang 1). Bundesweit wurden im Frühjahr 2004 18,9 und im Frühjahr 2005 19,3 Feldhasen/ km<sup>2</sup> im Mittel festgestellt (BARTEL et al. 2005, 2006). Somit ist die im Untersuchungsgebiet Güntersleben beobachtete mittlere Feldhasendichte dem ermittelten Bundesdurchschnitt ähnlich.



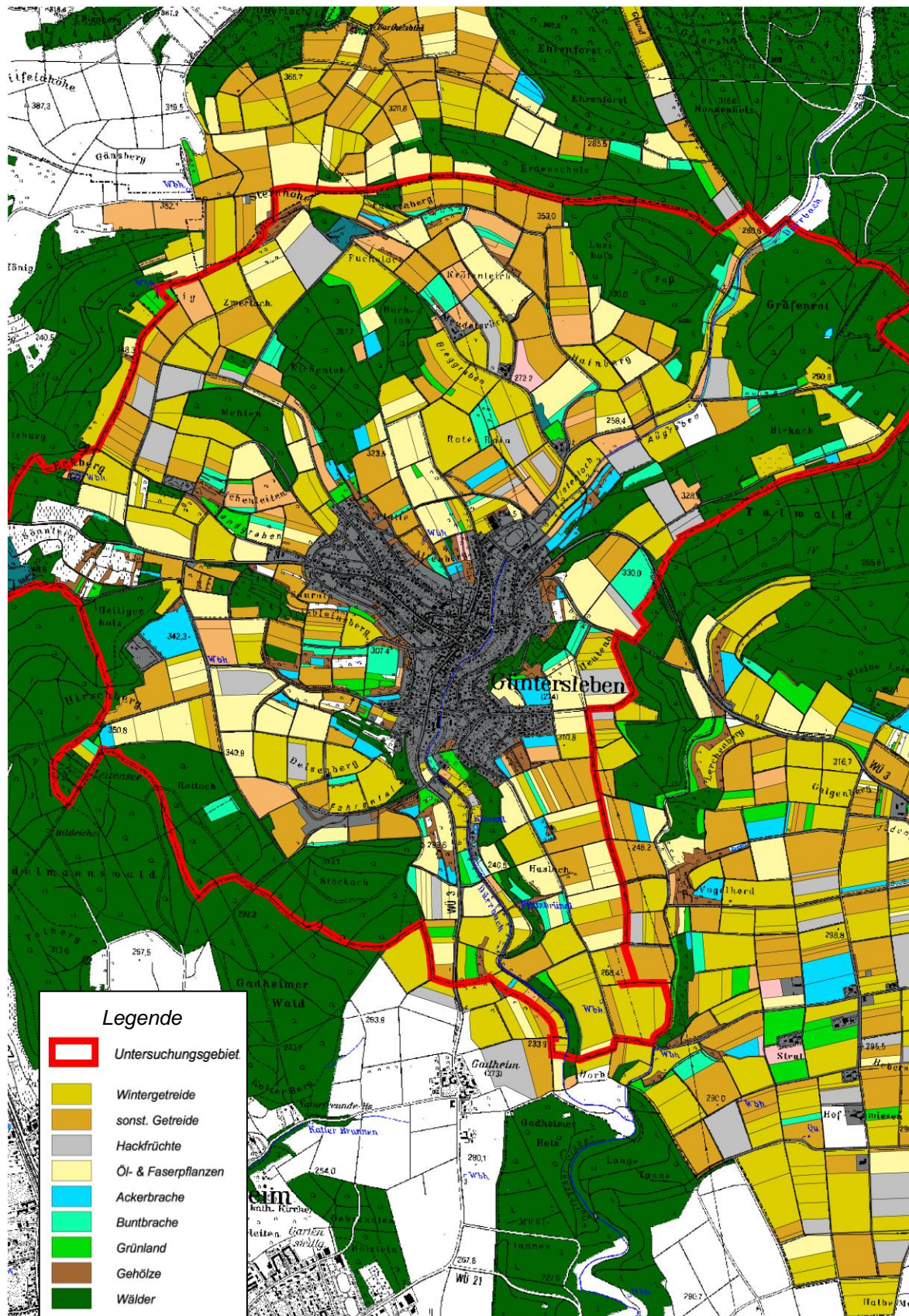


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet Güntersleben (Geometrische Grundlage: TK 25 u. DFK des Landkreises Würzburg. Rasterdaten des Bayerischen Landesvermessungsamtes mit Nutzungserlaubnis vom 03.03.2003, Az. VM 3850 B-767)

### 2.1.3 Opferbaum

Die Gemeinde Opferbaum gehört zum Naturraum „Gäuplatten im Maindreieck“, ist ca. 30 km nördlich der Stadt Würzburg gelegen und bildet die nördlichste Gemarkung des Landkreises (N 49°55'29.28"/ O 10°04'35.04"). Das Untersuchungsgebiet ist 797 ha groß von denen knapp 80 % landwirtschaftlich genutzt werden. Lediglich 6 % des untersuchten Gebietes sind mit Wald bestockt, 5 % der Gesamtfläche des Untersuchungsraumes werden von den Siedlungsbereichen der Ortschaft Opferbaum in Anspruch genommen. Die offenen flachwelligen Landschaftsteile der Hochfläche sind zwischen 254 m im nordöstlichen Bereich bis 307 m über NN auf dem so genannten „Eichelberg“ hoch. Von Westen kommend durchfließt die „Pleichach“ das Untersuchungsgebiet in südöstliche Richtung.

Die Gäuplatten im Maindreieck bilden die Fortsetzung des Ochsenfurter Gaues nach Norden zum Schweinfurter Becken hin und setzen sich nach Osten im Landkreis Kitzingen fort. Als Ausgangsgestein finden sich in diesem Gebiet Schichten des Unteren Keupers welche vermutlich in der Würmekaltzeit mit mächtigen Lößdecken überzogen worden sind. Die Böden sind daher überwiegend durch tiefgründige, äolische Löße geprägt. In einzelnen Abschnitten dominiert der Lettenkeuper die schweren tonigen Verwitterungsböden, im Süden des Untersuchungsgebietes treten im Übergang zum Gemarkungsbereich der Gemeinde Bergtheim flachgründige Gipskeuperböden auf. Die jährlichen Niederschläge liegen um 600 mm, die mittlere Jahrestemperatur bei 8,5 °C (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1999).

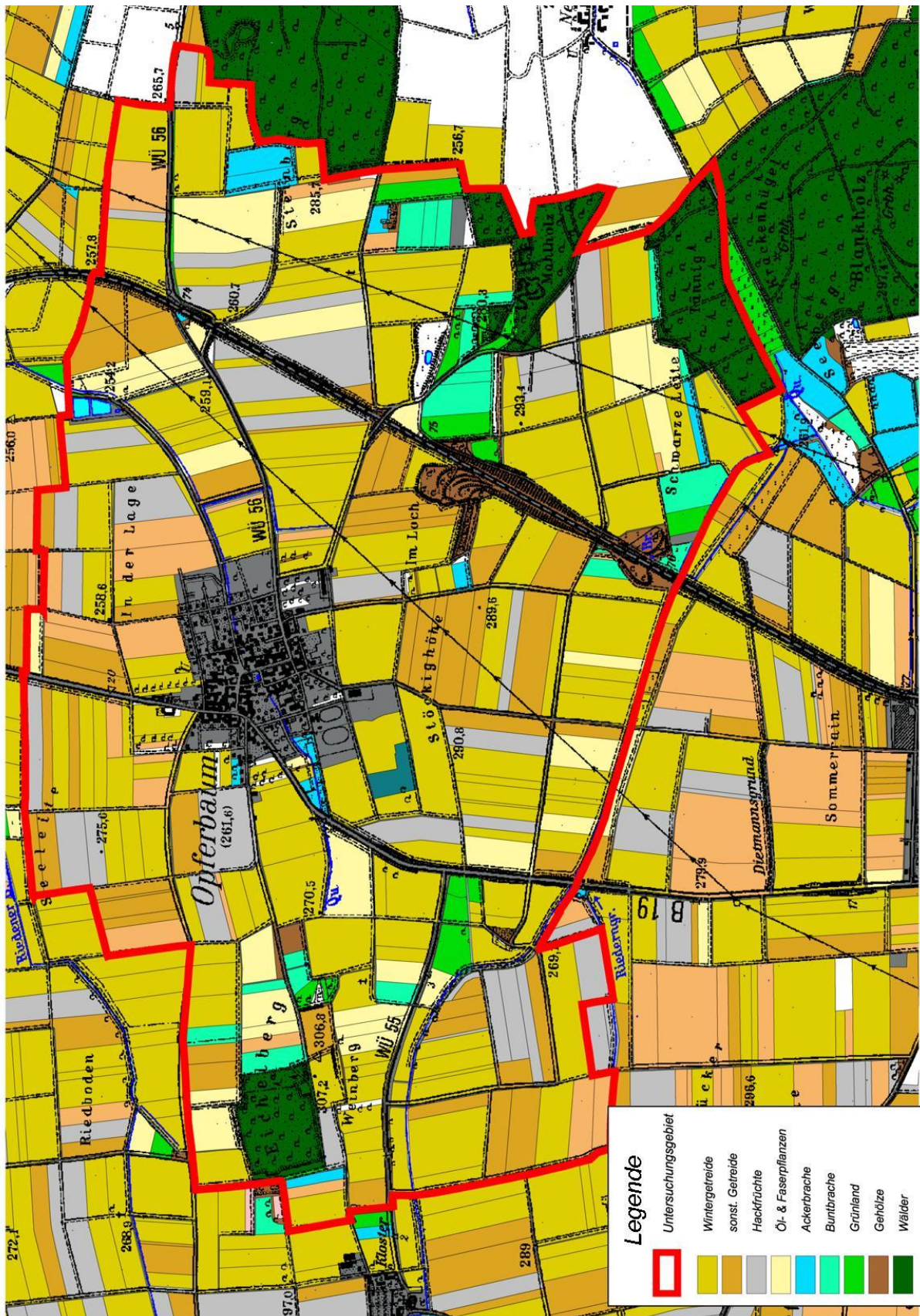
Die landwirtschaftlich hochwertigen Braunerden und Parabraunerden auf Löß und die geringe Reliefenergie bedingen die absolute Vorrangnutzung des Ackerbaus. Die Böden besitzen eine hohe Ertragsfähigkeit. Deshalb sind Grünlandflächen sehr selten und treten nur im Übergang des Untersuchungsgebietes zur Gemarkung Bergtheim auf. Knapp die Hälfte aller landwirtschaftlichen Flächen wird durch den Anbau von Winterweizen genutzt. Daneben spielen Zuckerrüben- und Feldgemüseanbau eine bedeutende Rolle. Im Bereich der Gemarkung Opferbaum wurden ca. 4 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche mit wildtierfreundlich begrünten Brachen gestaltet.

Der geringe Anteil an Trockenvegetation und Wäldern ist ebenfalls im Zusammenhang mit der intensiven landwirtschaftlichen Nutzbarkeit der vorhandenen hochwertigen Lößlehmböden zu sehen. Die Waldreste, überwiegend laubholzreiche, ehemalige Mittelwälder, beherbergen eine Reihe von naturschutzfachlich bedeutsamen Arten. Die potentielle natürliche Vegetation entspricht in diesen Bereichen einem *Galium-*

*Carpinetum* (MÜLLER 1996). Den Hauptteil der naturnahen Lebensräume innerhalb des Untersuchungsgebietes bilden Streuobstbestände, einzelne Hecken und kleine Feldgehölze. Sie kommen besonders in Ortsnähe bzw. als gewässerbegleitende Vegetation entlang der Bachläufe vor. Oft sind sie jedoch sehr kleinflächig und mit eutrophem Unterwuchs ausgebildet. Weiden und Erlensäume entlang der Bäche sind häufig durch Hybridpappelreihen ersetzt. Ein größerer Feuchtbereich liegt im südlichen Grenzgebiet des Untersuchungsraumes. Bedingt durch Stauschichten des Gipskeupers sind hier im Bereich der Pleichachau bis zum so genannten „Blankholz“ natürliche Vernässungen in größerem Ausmaß vorhanden. Dies ist bei einem weiträumigen Umfeld von wasserarmen Muschelkalk- und Lößlehmformationen von erhöhter Wertigkeit. Die wichtigsten Lebensraumtypen in diesem Gelände sind feuchte Wiesen mit Quellen und Gräben sowie Waldbereiche mit Feuchtplätzen und naturnaher Bestockung. Insgesamt wurden in den letzten Jahren östlich der Gemeinde Bergtheim mehrere Hektar Acker und Intensivwiese durch Wiedervernässung und Extensivierung mit den noch vorhandenen Röhricht-, Seggen- und Naßwiesenflächen zu einem relativ großflächigen, überregional bedeutsamen Wiesengebiet entwickelt. Magerrasen von regionaler Bedeutung treten entlang des Bahneinschnittes im Untersuchungsgebiet auf (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1999).

Während der Frühjahre 2003 bis 2006 wurde während des Projektes „Lebensraum Brache“ eine mittlere Dichte von 54,2 Feldhasen pro km<sup>2</sup> im Untersuchungsgebiet Opferbaum festgestellt (Anhang 1). Im Vergleich ist sie damit nahezu dreimal so hoch wie das bundesweite Mittel der Jahre 2004 und 2005 (BARTEL et al. 2005 & 2006).





*Abbildung 4: Untersuchungsgebiet Opferbaum* (Geometrische Grundlage: TK 25 u. DFK des Landkreises Würzburg. Rasterdaten des Bayerischen Landesvermessungsamtes mit Nutzungserlaubnis vom 03.03.2003, Az. VM 3850 B-767)

Tabelle 2 fasst charakteristische Merkmale der Untersuchungsgebiete zusammen. In Kapitel 3.2 wird darüber hinaus auf weitere strukturelle Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten eingegangen.

*Tabelle 2: Charakteristische Merkmale der Untersuchungsgebiete*

	<b>Fritzlar</b>	<b>Güntersleben</b>	<b>Opferbaum</b>
Größe des Untersuchungsgebietes (ha)	1150	1603	797
davon Offenland (ha)	741	1009	698
landwirtschaftliche Nutzfläche (%)	60	48	78
Buntbrachen Anteil am Offenland (%)	2,5	6,4	4,0
Höhe über NN (m)	210-390	235-382	254-307
mittlere Niederschlagsmenge/ Jahr (mm)	550-600	550-580	ca. 600
mittlere Jahrestemperatur (°C)	8,5	9,2	8,5
mittlere Feldhasen-Frühjahrsdichte (2003-2006)*	10,1	21,2	54,2

\* ermittelt per Scheinwerfertextation (Anhang 1)

## 2.2 Feldökologische Methoden

### 2.2.1 Methodenentwicklung

Um den Einfluss der Landschaftsstruktur auf die räumliche Aufteilung einer Feldhasenpopulation zu untersuchen, musste für die vorliegende Arbeit zunächst eine effektive und praktikable Methode gefunden werden, mit der es möglich war, die notwendige Datengrundlage in allen drei Untersuchungsgebieten zu schaffen. In den meisten Studien mit ähnlichen Fragestellungen orientieren sich die Methoden dabei entweder an der Telemetrie oder an der Scheinwerfertextation. Im Rahmen des Projektes „Lebensraum Brache“ wurde die Scheinwerfertextation zur Ermittlung der Besatzdichten des Feldhasen im Frühjahr und Herbst in den Kontroll- und Projektgebieten eingesetzt. Die genaue Aufnahmemethodik erfolgte dabei entsprechend der Methodenbeschreibung des WILD-Projektes des Deutschen Jagdschutz-Verbandes (DJV 2003). Auch für die Ermittlung der Habitatnutzung der Feldhasen in den Untersuchungsgebieten wurde die Scheinwerfertextation als Methode in Erwägung gezogen. Im ersten Untersuchungsjahr wurden hierzu verschiedene Methoden erprobt.

Zunächst wurde der Einsatz verschiedener Scheinwerfer zur nächtlichen Taxation vom Pkw diskutiert und in der Praxis getestet. Hierbei zeigte sich, dass ein Großteil der Feldhasen, die in der Nacht mit Scheinwerfern angestrahlt wurden, zu Fluchtverhalten veranlasst wurde bzw. bereits zum Zeitpunkt des Erkennens in Bewegung war. Dies wies auf einen unmittelbaren Einfluss der Scheinwerfertextation zumindest auf das nächtliche



Bewegungsverhalten der beobachteten Feldhasen hin und erhöhte damit die Wahrscheinlichkeit von Doppelerfassungen. Zudem schränkte die begrenzte Ausleuchtweite der verwendeten Scheinwerfer und die Reliefenergie des Geländes die Größe des beobachtbaren Landschaftsraumes stark ein. Darüber hinaus musste dieser stets durch die unmittelbare Nähe bzw. das Vorhandensein eines Weges zum Befahren gekennzeichnet sein. Die Ergebnisse der Arbeiten von KLAGES (2005) und STUHR (2003) schließlich, die mittels Wärmebildtechnik nachweisen konnten, dass während einer Feldhasenerfassung durch Scheinwerfertextation bis zu 40 % der tatsächlich im Ausleuchtbereich der Scheinwerfer vorhandenen Feldhasen übersehen werden, führten dazu, die Scheinwerfertextation zur Erhebung räumlich expliziter Daten bei Feldhasen nicht zu nutzen. Daraufhin wurde die nächtliche Ortung von Feldhasen mit Hilfe einer Wärmebildkamera (WBK) durchgeführt. Der Vorteil einer Wärmebildkamera gegenüber dem Scheinwerfer ist die Erfassung leicht verdeckter oder in größerer Entfernung befindlicher Feldhasen, ohne zusätzliche Licht- bzw. Strahlungsquellen einsetzen zu müssen (KLAGES 2005). Bei der für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden Wärmebildkamera handelte es sich um eine Raytheon Palm IR 250 Digital®. Die Wärmebildkamera detektiert Objekte im langwelligen Strahlungsbereich zwischen 7 bis 14  $\mu\text{m}$  und in einem Temperaturbereich von -20 bis +50 °C. Der Sucher ist schwenkbar und bildet schwarz/ weiß ab. Für die Bildspeicherung steht ein Videoausgang zur Verfügung. Die Wärmebildkamera verfügt über einen ungekühlten, ferroelektrischen Detektor mit einer geometrischen Auflösung von 320 x 240 Pixeln. Die thermische Auflösung ist geringer als 0,1 °C (FRANKE 2004). Bei den Feldstudien kam ein Objektiv mit einer Brennweite von 100 mm zum Einsatz, welches ein Bildfeld von 9° x 6,6° ermöglicht. Die Bildwiederholungsfrequenz der Wärmebildkamera liegt bei 25 Hertz (<http://www.palmir250.com/home.htm>). Das Gerät verfügt über einen 2fach-digitalen Zoom. Mit einem Gewicht von 1,6 kg zeichnete sich die Kamera während der Untersuchungen durch ihre Handlichkeit aus. Ein weiterer Vorteil liegt in der Einfachheit der Bedienung, die der eines handelsüblichen Camcorders ähnelt. Weitere Grundlagen der Wärmebildtechnik werden u.a. bei FRANKE (2004) diskutiert.



*Abbildung 5: Die für die Untersuchungen der räumlichen Verteilung von Feldhasenpopulationen benutzte Wärmebildkamera*



*Abbildung 6: Mittels Wärmebildkamera detektierter Feldhase*

Bald nach den ersten Versuchen, räumliche Daten einer Feldhasenpopulation mittels Wärmebildern zu erfassen, stellte sich heraus, dass beim Einsatz dieser Technik sowohl eine räumliche als auch eine quantitative Erfassung der Feldhasenpopulation am sinnvollsten in Verbindung mit zuvor festgelegten Beobachtungspunkten in der Landschaft durchzuführen ist. Zu diesem Zweck wurden in den drei Untersuchungsgebieten so genannte Festpunkte bestimmt, deren Umgebung mit der Wärmebildkamera beobachtet wurde. Die Auswahl der Festpunkte geschah in allen untersuchten Landschaften nach dem Kriterium eines möglichst großen Sichtfeldes, wobei in stark strukturierten Gebieten, wie im Untersuchungsgebiet Güntersleben, eine höhere Zahl an Festpunkten nötig war, um einen repräsentativen Ausschnitt der Landschaft erfassen zu können. Im Untersuchungsgebiet Opferbaum wurden weit voneinander entfernte gelegene Festpunkte gewählt, um bei der vorhandenen hohen Dichte an Feldhasen Doppelerfassungen zu vermeiden. Auf diese Weise entstanden im

Untersuchungsgebiet Fritzlar 33 und in den Untersuchungsgebieten Güntersleben und Opferbaum 41 bzw. 26 Festpunkte. Nach der Ernte 2004 wurden alle Festpunkte über Tag angefahren und der jeweils einsehbare Landschaftsbereich mittels eines Laser-Entfernungsmessers (Leica Rangemaster 900 CRF-M®) vermessen und in detaillierte Arbeitskarten eingezeichnet. Auf diese Weise konnte auch der je nach Vegetationshöhe maximal einsehbare Landschaftsbereich in den Untersuchungsgebieten bestimmt werden. Er beträgt in Fritzlar etwa 430 ha, in Güntersleben etwa 425 ha und in Opferbaum etwa 330 ha.

*Tabelle 3: Anzahl der Festpunkte und Fläche der maximal mittels WBK einsehbaren Fläche in den Untersuchungsgebieten*

	<b>Fritzlar</b>	<b>Güntersleben</b>	<b>Opferbaum</b>
Anzahl der Festpunkte	33	41	26
einsehbare Fläche	max. 435 ha	max. 425 ha	max. 330 ha
Anteil der mehrfach einsehbaren Fläche	ca. 30 %	ca. 5 %	ca. 23 %

Als Festpunkte wurden stets markante Stellen eines Feldweges oder einer Straße gewählt. Dies waren in der Regel auffällige Kurven, Strommasten, Baumreihen oder kleine Geländeerhebungen, die ein exaktes Auffinden der Festpunkte bei Dunkelheit ermöglichten. Auf diese Weise wurde über den Untersuchungszeitraum konstant immer dasselbe Gebiet abgesucht. Da die Wärmebildkamera in der kalten Jahreszeit Feldhasen auch auf mehrere hundert Meter erkennbar macht, lässt sich die räumliche Verteilung der Feldhasenpopulation von den Festpunkten aus erkennen, wobei mögliche Fehler aufgrund des Fluchtverhaltens der Tiere minimiert werden.

### **2.2.2 Feldhasenerfassung**

Die eigentlichen Felduntersuchungen zur Untersuchung von Habitatwahl und -nutzung des Feldhasen wurden während der Zeiträume September 2004 bis April 2005 und September 2005 bis April 2006 durchgeführt. Dazu wurde jedes der drei Untersuchungsgebiete einmal monatlich ca. eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang aufgesucht. Die Wahl des Aufnahmezeitpunktes etwa eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang ist sinnvoll, da Feldhasen als dämmerungs- und nachtaktive Säugetiere ihre Hauptaktivität erst nach Sonnenuntergang beginnen. Grundsätzlich zeigen Feldhasen nach Eintritt der völligen Dunkelheit eine hohe Aktivität (DJV 2003). Sowohl HOLLEY (2001) als auch PÉPIN & CARGNELUTTI (1994) beobachteten den mittleren Beginn der abendlichen Aktivität beim Feldhasen, also das Verlassen der Sasse, zu einem Zeitpunkt etwa 25 Minuten nach Sonnenuntergang. Obwohl es geschlechtsspezifische und individuelle Aktivitätsunterschiede

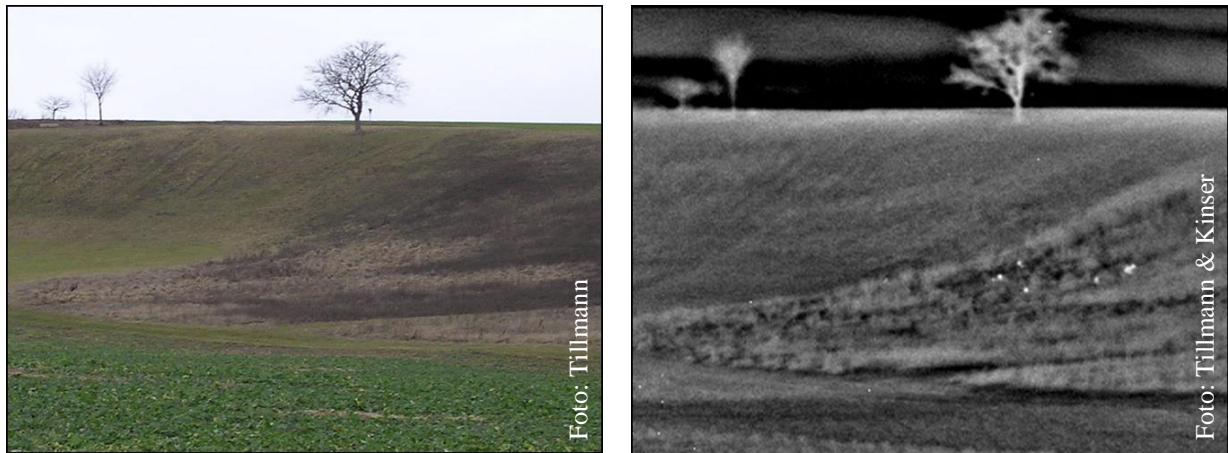
gibt, beschreiben HANSEN (1995) und HOMOLKA (1986) die Stunden nach Mitternacht als aktivitätsärmere Zeit. Somit kann angenommen werden, dass zu einem Zeitpunkt etwa eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang der Großteil einer Feldhasenpopulation aktiv ist.

Die Festpunkte wurden nacheinander in stets gleicher Reihenfolge angefahren. Leichte Abweichungen der Fahrtstrecke ergaben sich lediglich aufgrund teilweise vorgefundener Unbefahrbarkeit der entsprechenden Wege nach vorausgegangenen Witterungsereignissen. Damit die Datenerhebung in einem regelmäßigen Rhythmus stattfand, wurde die Wärmebildkamera während des ersten Untersuchungszeitraumes um die jeweils zweite Monatswoche genutzt, während des zweiten Untersuchungszeitraumes überwiegend in der jeweils dritten Monatswoche.

Nach Erreichen eines Festpunktes wurde dessen Umgebung zweimal im 360° Umkreis mit der Wärmebildkamera abgesucht und die dabei erfassten Feldhasen in die Arbeitskarte eingezeichnet. Bei diesen Untersuchungen wurden neben dem Feldhasen auch Rebhühner (*Perdix perdix*) sowie Rotfüchse (*Vulpes vulpes*) kartiert. Die möglichst exakte Eintragung der georteten Individuen in die Arbeitskarten wurde dabei mit Hilfe zweier Faktoren gewährleistet. Zum einen boten die detaillierten Arbeitskarten mit den definierten einsehbaren Landschaftsbereichen und den eingetragenen Landmarken in einem maximalen Maßstab von 1:12.000 eine gute Orientierungshilfe zwischen Landschaft und Arbeitskarte, zum anderen war die im ersten Projektjahr zum Zeitpunkt der Methodenentwicklung gewonnene Geländekenntnis von großem Wert bei der flächenscharfen Zuordnung der detektierten Individuen. Der Autor führte die Erfassungen während des gesamten Untersuchungszeitraums stets selbst durch, so dass durch unterschiedliche Beobachter bedingte systematische Fehler ausgeschlossen werden können.

Je nach Untersuchungsgebiet dauerte die Datenaufnahme zwischen zwei und drei Stunden. Auf diese Weise wurden pro Monat die unmittelbaren nächtlichen Aufenthaltsorte zum Zeitpunkt der Datenaufnahme von ca. 500 bis 600 Feldhasen bestimmt von denen ca. 300 im Untersuchungsgebiet Opferbaum, ca. 170 im Untersuchungsgebiet Güntersleben und ca. 80 im Untersuchungsgebiet Fritzlar erfasst wurden. Die Übertragung der Feldhasenortungen ins GIS geschah zeitnah möglichst innerhalb der nächsten 24 Stunden. Innerhalb dieses Zeitraumes war die unmittelbare Erinnerung noch genügend stark ausgeprägt, um die in den Arbeitskarten festgehaltenen Informationen über die räumliche Verteilung der beobachteten Feldhasen zu unterstützen.

Zusätzlich wurden während jedes Ortungstermines die jeweiligen Witterungsbedingungen mit Windstärke, Windrichtung, Niederschlag, Schneelage und Temperatur notiert.



(a)

(b)

*Abbildung 7: Aufnahme eines Landschaftsteils im Untersuchungsgebiet Opferbaum bei Tag (a) sowie mit der Wärmebildkamera (b) bei Nacht mit fünf detektierten Feldhasen*

Neben der bereits erwähnten Geländevertrautheit und der Erstellung detaillierter Arbeitskarten gewährleisteten weitere Faktoren hochwertige Daten. Während der Phase der Methodenentwicklung wurden in der vorliegenden Untersuchung Daten über die räumliche Verteilung von Feldhasen mehrfach evaluiert. Zu diesem Zweck wurden die von einem Festpunkt durchgeführten Ortungen überprüft, indem die entsprechend gleichen Landschaftsteile umfahren wurden um von einem anderen Standort aus mit der Wärmebildkamera erneut beobachtet werden zu können. Auf diese Weise wurden die von dem eigentlichen Festpunkt aus erfassten Feldhasenortungen bestätigt oder korrigiert. Des Weiteren wurden mittels Wärmebildkamera detektierte Feldhasen vom jeweiligen Festpunkt aus mit Hilfe eines extrem starken Handscheinwerfers angestrahlt und mit einem Fernglas der vermutete Aufenthaltsort des Individuums überprüft. Bei diesem Handstrahler handelte es sich um einen Suchscheinwerfer der Firma IMPO-GLOBAL GmbH® mit Quarz-Halogenlampe (12V 100W), welcher laut Herstellerangaben eine Reichweite von ca. 1.500 m besitzt. Dieser Suchscheinwerfer in Verbindung mit einem Fernglas wurde ebenfalls zur Identifizierung von Wärmequellen genutzt. Mit Hilfe dieser Schritte der Selbstüberprüfung konnte in der Phase der Methodenentwicklung die Qualität der erhobenen Daten zur räumlichen Verteilung von Feldhasen erhöht werden. Die einzelnen Feldhasenortungen konnten schließlich auf schätzungsweise 10 bis 100 m genau bestimmt werden.

Zusätzlich zu den beschriebenen Methoden der Datenevaluierung wurde das Verhalten während der Datenerfassung so automatisiert, dass die Erfassung einen möglichst geringen Einfluss auf das Raumverhalten der Feldhasen hatte. Um während des Abfahrens der Festpunkte möglichst wenig Einfluss auf die räumliche Verteilung der Feldhasen zu nehmen, wurde zwischen den Festpunkten stets mit Abblendlicht gefahren. Während der eigentlichen Beobachtung der Festpunkt-Umgebung mittels Wärmebildkamera lief der Pkw-Motor weiter, wobei das Abblendlicht ebenfalls eingeschaltet blieb. Um große Schattenwürfe zu vermeiden, wurde darauf geachtet, sich nicht vor eingeschalteten Scheinwerfern zu bewegen. Häufig konnten auf diese Weise während der Erfassung Feldhasen beobachtet werden, die eine Fluchtdistanz von weniger als 30 m zum laufenden Pkw zeigten.

Die Witterung hat keine besonderen Auswirkungen auf die Erfassung von Feldhasen mittels Wärmebildkamera, da ihr thermisches Auflösungsvermögen gegen besondere Wettergeschehnisse weitgehend unempfindlich ist. STUHR (2003) bemerkt dazu allerdings, dass Regen oder nasse Vegetation die Einsatzdistanz der Wärmebildkamera vermindern können. In der Phase der Methodenentwicklung wurde für die vorliegende Studie ein Erfassungstermin während eines starken Schneetreibens und damit verbundener starker Einschränkung der Einsatzdistanz der Wärmebildkamera abgebrochen. Während der Beobachtungszeiträume 2004/05 und 2005/06 gab es keine witterungsbedingten Einschränkungen bei der Datenerhebung. Dagegen hat die Witterung einen direkten Einfluss auf die Sichtweite während einer Scheinwerfertesttaxi von Feldhasen. Um die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten, sind Wetterlagen bei Schnee oder raureifbedecktem Boden, bei Dunst oder Nebel, bei hellem Mondlicht, bei starkem bis stürmischem Wind sowie bei andauernden starken Regenfällen ungeeignet zur Durchführung der Scheinwerfertesttaxi (STRAUB & POHLMAYER 1997, DJV 2003).

Eine geschlossene Schneedecke während der Kartierung von Feldhasen mittels Wärmebildkamera führt hingegen zu erschwerten Bedingungen bei der flächenscharfen Zuordnung georteter Individuen. Die normalerweise sichtbaren Abgrenzungen der verschiedenen landwirtschaftlichen Schläge durch beispielsweise Pflugfurchen oder unterschiedlichen Aufwuchs bleiben unter der Schneedecke verborgen und erschweren somit die Orientierung zwischen Arbeitskarte und tatsächlicher Landschaft. Optimal zur Datenaufnahme geeignet waren klare, schneefrei Nächte um 0 °C. Bei diesen Bedingungen heben sich vorhandene Wärmequellen deutlich von der Umgebung ab, vorhandene kleinräumige Konturen und Strukturelemente der Landschaft bleiben im Wärmebild sichtbar. Im Gegensatz zu kalten Außentemperaturen können sehr warme Außentemperaturen am Tag

zu einer eingeschränkten Nutzbarkeit der Infrarot-Kamera zur Wildtiererfassungen führen. Während der Phase der Methodenentwicklung wurde Wärmebildtechnik für die vorliegende Studie auch im Sommer eingesetzt. Dabei stellte sich heraus, dass durch hohe Außentemperaturen am Tag in den warmen Nächten viele Wärmequellen vorhanden waren, die eine den Wildtieren vergleichbare Wärmestrahlung abgaben. Dadurch konnte eine zuverlässige Erfassung von Wildtieren nicht gewährleistet werden. In den Monaten September bis April, in denen die hier vorgestellten Ergebnisse aufgenommen wurden, waren die Tages-Außentemperaturen und vor allem die Nachttemperaturen bereits nicht mehr so hoch, so dass die vorhandenen Wärmequellen zuverlässig bestimmt werden konnten .

### 2.2.3 GIS-Anwendung

Bei der Entwicklung von Habitatmodellen spielt der konkrete Flächenbezug eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund hat die Verfügbarkeit und Anwendbarkeit von Geographischen Informationssystemen (GIS) in den letzten Jahren einen sehr großen Einfluss auf die Modellierung von Habitatpräferenzen ausgeübt (LUTZE et al. 1998). Der Einsatz von Geographischen Informationssystemen ermöglicht es, die Lebensraumanprüche der untersuchten Arten effizient zu analysieren und zu beschreiben (D'OLEIRE-OLTMANN 1991, BLASCHKE 1997). Die Erstellung der vorliegenden Arbeit wäre ohne den Einsatz Geographischer Informationssysteme kaum möglich gewesen. Zum einen konnten mit Hilfe des GIS flächenscharfe Arbeitskarten zum Einsatz während der Felduntersuchungen erstellt werden, zum anderen wurde die effektive räumliche Analyse der zusammengetragenen Daten erst durch die Verfügbarkeit dieser Systeme ermöglicht.

Die benutzten Arbeitskarten wurden in einem GIS im Programmpaket ArcView GIS 3.2® der Firma ESRI® erstellt. Als geometrische Datengrundlage für diese Arbeitskarten wurde für das Untersuchungsgebiet Fritzlar die digitale Topographische Karte 1:25.000 (TK 25), Blatt 4821 Fritzlar, sowie das Automatische Liegenschaftskataster (ALK) der Stadt Fritzlar, mit Genehmigung des Hessischen Landesvermessungsamtes (Ver.-Nr. 2003-3-68) verwandt. Für die Bereiche des Untersuchungsgebietes Güntersleben standen die digitalen TK 25-Blätter 6125 und 6126 sowie die Digitale Flurkarte (DFK) des Landkreises Würzburg mit Nutzungserlaubnis vom 03.03.2003 (Rasterdaten des Bayerischen Landesvermessungsamtes Az. VM 3850 B-767) zur Verfügung. Neben der DFK des Landkreises wurden für das Untersuchungsgebiet Opferbaum die digitalen TK 25-Blätter 6025 und 6026 aufgrund gleicher Nutzungsrechte verwendet. Innerhalb dieses Untersuchungsgebietes wurden fehlende Bereiche der DFK mit von der Bayerischen Landesanstalt für Wein- und Gartenbau (LWG) bereitgestellten Orthofotos im GIS ausgeglichen und ergänzt. Diese georeferenzierten Farb-

Orthofotos mit Aufnahmedatum in den Jahren 2002 und 2003 lagen für alle Bereiche der Untersuchungsgebiete Güntersleben und Opferbaum vor.

### 2.2.4 Flächennutzungs- & Habitatkartierung

Dank der zur Verfügung stehenden geometrischen Datengrundlage war es möglich, für jedes der drei Untersuchungsgebiete ein flächenscharfes GIS zu schaffen, auf dessen Basis detaillierte Arbeitskarten für die jeweiligen Schritte der Datenaufnahme erstellt werden konnten. Bezüglich der Beschreibung der von einem Festpunkt aus einsehbaren Landschaftsteile konnte mit Hilfe des Laser-Entfernungsmessers der einsehbare Bereich genau beschrieben und ins GIS übertragen werden. Besondere Aufmerksamkeit wurde bei diesen Arbeiten auf das Vorhandensein möglicher Landmarken, also markanter Geländepunkte wie solitär stehenden Bäumen, Strommasten oder Hochsitzen gelegt, da diese auch auf den jeweiligen Orthofotos erkennbar sind und somit die exakte Übertragung ins GIS erleichterten.

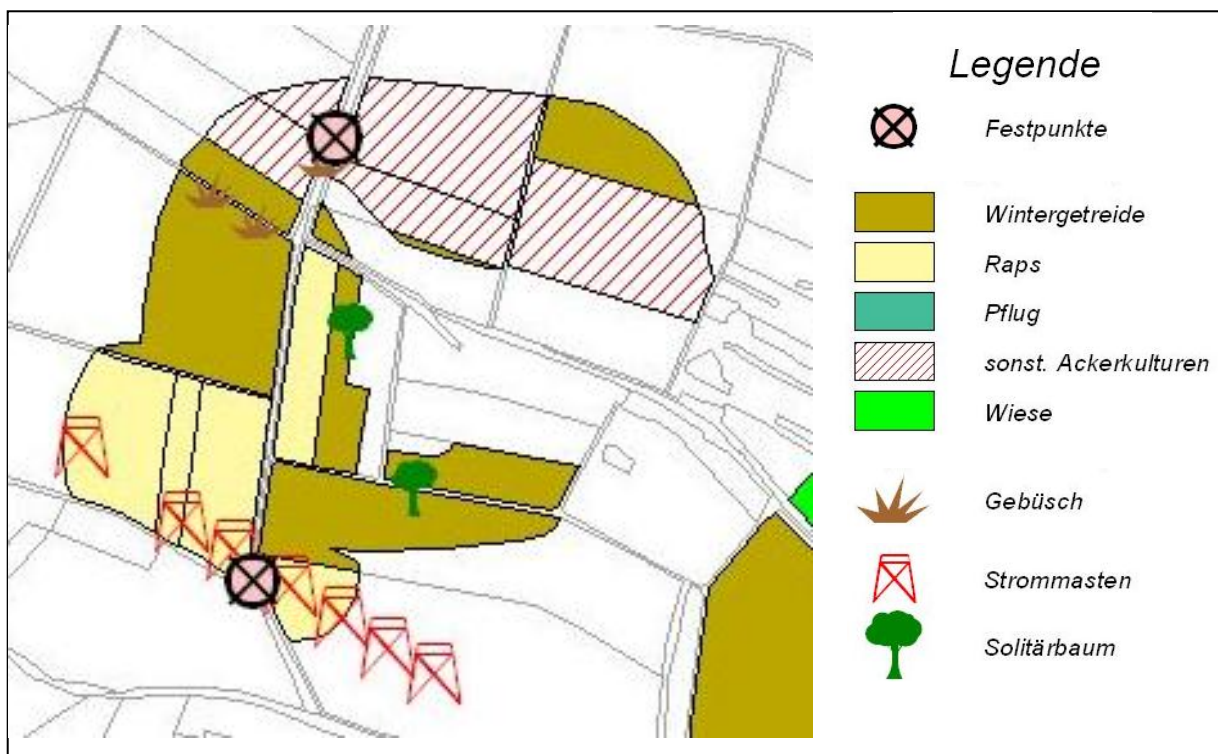


Abbildung 8: Beispiel zweier Festpunkte mit den von ihnen einsehbaren Landschaftsbereichen und Landmarken

Damit ein möglicher Einfluss der Landschaftsstruktur auf die räumliche Aufteilung einer Feldhasenpopulation nachgewiesen werden kann, muss zunächst das kleinräumige Auftreten verschiedener Strukturelemente eben dieser Landschaft bekannt und beschrieben sein. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung wurde erstmalig im Sommer 2003 eine



Flächennutzungs- und Habitatstrukturkartierung in den zu untersuchenden Landschaften durchgeführt. Diese Kartierung geschah in Anlehnung an den einzigen bundesweit anwendbaren Biotopschlüssel (DJV 2003), welcher 2002 vom BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BFN 2002) veröffentlicht worden ist. Es handelt sich dabei um eine Systematik von Biotop- und Nutzungstypen, welche mittels einer numerischen Codierung erfasst werden. Nutzungstypen, welche in diesem Schlüssel nicht explizit ausgewiesen waren, aber im Zusammenhang mit dem Ziel der hier vorgestellten Untersuchung von Bedeutung sein konnten, wurden in dem BfN-Schlüssel ergänzt (Anhang 2). Hierzu zählten zunächst die Ausweisung von Buntbrachen, aber auch von ackerbaulichen Strukturen, welche unmittelbar nach der Getreideernte angetroffen wurden, beispielsweise Stoppel- und Pflugäcker. Bei den Kartierterminen wurde also sowohl die aktuelle Flächennutzung der landwirtschaftlich genutzten Flächen als auch das Auftreten mittelfristig konstanter Landschaftsstrukturen wie Hecken, Feldgehölze, Gräben etc. in die vorhandenen Arbeitskarten eingetragen. Anschließend wurden die gesammelten Informationen ins GIS übertragen. Im Fall der Untersuchungsgebiete Güntersleben und Opferbaum wurden die im Feld ermittelten Strukturelemente der Landschaft mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Farb-Orthofotos im GIS ergänzt. Auf diese Weise entstand für jedes Untersuchungsgebiet ein flächenscharfes GIS, welches die real untersuchten Landschaften detailgetreu nachbildete. Die Auflösungsgenauigkeit der Kartierung entspricht in etwa der Genauigkeit der im GIS als Grundlage verwendeten digitalen Flurkarte bzw. dem digitalen automatischen Liegenschaftskataster. Die minimale räumliche Auflösung beträgt dadurch deutlich weniger als 100 m<sup>2</sup>.

Da die Struktur landwirtschaftlicher Nutzflächen im Jahresverlauf starken Veränderungen unterworfen ist, war es notwendig, auch deren Zustand zum Zeitpunkt der Erfassung der räumlichen Verteilung der Feldhasenpopulationen zu dokumentieren. Aus diesem Grund wurde unmittelbar vor jedem Erfassungstermin mit der Wärmebildkamera in dem jeweiligen Untersuchungsgebiet eine Nutzungskartierung der landwirtschaftlichen Flächen durchgeführt. Somit wurden die herbstlichen Veränderungen der Flächen durch Ernte, Ackerumbruch und Aufwuchs erfasst und ebenfalls ins GIS übertragen. Bei diesen regelmäßigen Kartierterminen wurden zudem Informationen über die zu dem jeweiligen Zeitpunkt vorgefundene Einsehbarkeit der entsprechenden Landschaftsteile bzw. Fruchtartentypen festgehalten. Bei den thermographischen Erfassungen konnten schließlich nur Feldhasen berücksichtigt werden, welche sich in einer mit der Wärmebildkamera vollständig einsehbaren Fläche befanden. Beispielsweise konnte ein Großteil der Buntbrachen

nicht mittels Thermographie eingesehen werden, ebenso wie Zuckerrübenschlüge vor der Ernte. Um Habitatpräferenzen der Feldhasen aufdecken zu können, sollte die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Individuen in allen beobachteten Landschaftsteilen gleich sein. Ist in einer Kulturart die Entdeckungswahrscheinlichkeit von Feldhasen unbekannt, so würde ihr Einfluss auf das Habitatverhalten der Art in den meisten Fällen unterschätzt. Man würde nämlich in dem Fall nur die beobachteten Feldhasen berücksichtigen können und nicht die unbekannte größere Anzahl der Individuen, die sich tatsächlich in der Kulturart zum Zeitpunkt der Erfassung befindet. Da die Referenzverteilung zu den tatsächlich beobachteten Feldhasen (Kap. 2.3.2.1) die unbekannte Entdeckungswahrscheinlichkeit nicht berücksichtigt, würde bei übersehenen Individuen eine Unterschätzung des Einflusses der Kulturart die Folge sein. Aus diesem Grund wurden Feldhasenindividuen in Kulturarten bzw. Vegetationsstadien mit unbekannter Entdeckungswahrscheinlichkeit in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

## 2.3 Statistik

### 2.3.1 Bestimmung der Variablen

Statistische Modelle zur räumlichen Verteilung von Arten und Artengemeinschaften, kurz Habitatmodelle, sind in den letzten Jahren zu einem unverzichtbaren Teil ökologischer, naturschutzbiologischer und biogeographischer Forschung geworden (GUISAN & ZIMMERMANN 2000, SCOTT *et al.* 2002). Bei ihrer Anwendung geht es grundsätzlich um zwei verschiedene, jedoch miteinander verknüpfte Fragestellungen (MORRISON *et al.* 1998, GUISAN *et al.* 2002): Zunächst um die Analyse verschiedener Umwelteigenschaften zur Erklärung der raumzeitlichen Verteilung von Organismen und des weiteren um die Prognose der Verteilung in nicht untersuchten Gebieten oder für zukünftige, veränderte abiotische und biotische Verhältnisse auf der Basis der im Modell berücksichtigten Umweltparameter. Da Feldhasen in Deutschland flächendeckend vorkommen (GRAUER *et al.* 2008), ist die Frage nach dem möglichen Verbreitungspotential für die Spezies in nicht untersuchten Landschaften hinfällig und wird nicht weiter verfolgt. Die Prognosegüte der Modelle spielt daher in dieser Untersuchung eine untergeordnete Rolle, da nicht vorhergesagt werden soll, wie hoch die Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass Feldhasen in einer bestimmten Landschaft vorkommen oder nicht. Vielmehr soll geprüft werden, welche konkrete kleinräumige Bedeutung die verschiedenen Strukturelemente einer Landschaft auf das nächtliche Habitatverhalten von Feldhasen haben. Eine Vielzahl von Variablen ist dabei geeignet, die räumlichen Verteilungsmuster von Arten zu erklären. Hierzu zählen neben den geologischen, topographischen und edaphischen Habitatfaktoren (AUSTIN *et al.* 1996, LAMOUROUX & CAPRA 2002), klimatische Faktoren (DAVIS *et al.* 1998, PEARSON & DAWSON 2003), die

Landnutzung und ihre Entwicklung (PEARSON *et al.* 1999, VERBOOM *et al.* 1991), biotische Habitatfaktoren wie z.B. Prädation (READING *et al.* 1996), Parasiten (BALCOM & YAHNER 1996) oder Konkurrenz (MASSOLO & MERIGGI 1998), die Landschaftsstruktur und -heterogenität (FAHRIG & JOHNSON 1998) sowie Flächengrößen, Konnektivität und Verinselung der Landschaft (ADLER & WILSON 1985, BIEDERMANN 2003, KUHN & KLEYER 1999). Die erklärenden Variablen können als Messungen und Beobachtungen vorliegen (GUISAN & ZIMMERMANN 2000), aus Karten oder, wie in der vorliegenden Untersuchung, per GIS-Analysen abgeleitet werden.

Im vorliegenden Fall wurde eine mögliche Abhängigkeit der kleinräumigen Verteilung einer Feldhasenpopulation von der Landschaftsstruktur mit Hilfe von bis zu 20 erklärenden Variablen in einem Untersuchungsgebiet geprüft. Ausgewählt wurden Variablen, die aufgrund von Expertenwissen und Literaturangaben geeignet erschienen, Feldhasen in ihrer Habitatwahl zu beeinflussen (u.a. SMITH *et al.* 2005, RÜHE *et al.* 2001, BRESINSKI 1983, LEWANDOWSKI & NOWAKOWSKI 1993, PÉPIN 1986, PFISTER *et al.* 2002). Hierzu wurden fast ausschließlich Distanzvariablen verwendet, dass heißt mit Hilfe von GIS-Analysen wurde die Minimaldistanz eines jeden georteten Feldhasen beispielsweise zur nächstgelegenen Hecke, Straße oder Buntbrache berechnet. Abbildung 9 verdeutlicht das Prinzip der Minimaldistanzen. In diesem Fall interessieren die Strukturen „Waldrand“ und „Wintergetreide“. Befindet sich der Feldhase direkt auf dem Wintergetreide ist die Minimaldistanz 0 m. Dieser Fall wird im Folgenden als die Null-Distanz bezeichnet.

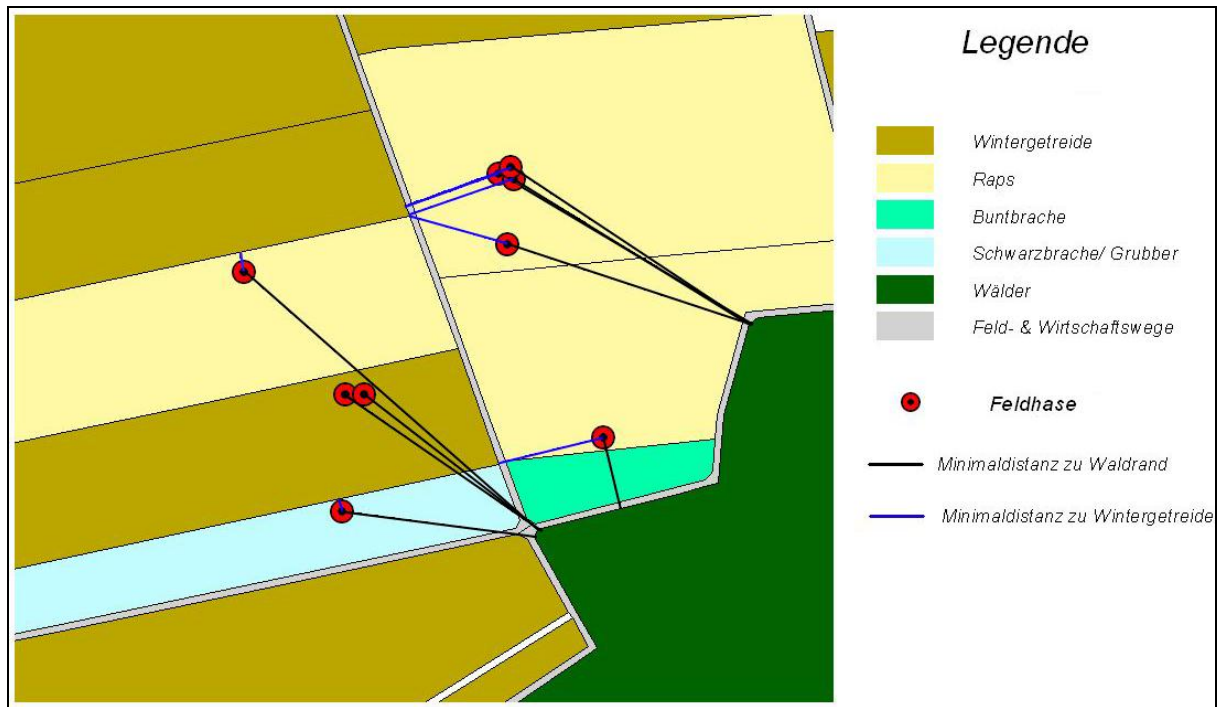


Abbildung 9: Minimaldistanz beobachteter Feldhasen zu Wintergetreide (blaue Linie) und Waldrändern (schwarze Linie)

Eine Besonderheit der vorliegenden Untersuchung ist die jeweils berechnete Minimaldistanz georteter Feldhasen zum nächst gelegenen Festpunkt, also zum Aufenthaltsort des Untersuchenden während der eigentlichen Datenaufnahme. Mit Hilfe dieser Variablen sollte überprüft werden, welchen unmittelbaren Einfluss die Methode der Datenerhebung auf das Raumverhalten der Feldhasen gehabt hat.

Die Analysen zur Minimaldistanzberechnung wurden mit der Extension *Nearest Features* v. 3.8a (by JENNESS, J. 2004) ebenfalls im Programmpaket ArcView GIS 3.2® durchgeführt. Auf diese Weise entstand eine Verteilung von Minimaldistanzen für jedes mit in die Untersuchung einbezogene Element der Landschaft. Einzige Nicht-Distanz-Variable war die Schlaggröße des Feldes, auf dem sich der jeweilige Feldhase zum Zeitpunkt seiner Ortung aufgehalten hat. Die Verknüpfung der unmittelbaren Schlaggrößeninformation zu jedem georteten Feldhasen geschah mittels der ArcView GIS-Extension *Geoprocessing* und dem Arbeitsschritt *Assign data by location*. Die Größe des jeweiligen Schlages, auf dem die Punkte lokalisiert waren, ergab sich nicht unmittelbar aus der mittels des Automatischen Liegenschaftskatasters definierten Flächengröße, vielmehr wurden unmittelbar aneinander grenzende Schläge gleichen Nutzungstyps, die nicht durch einen Weg, eine Hecke oder einen Graben getrennt waren, zuvor mit Hilfe der Extension *Dissolve Adjacent Polygons* v. 1.7 (by JENNESS, J. 2005) im GIS zusammengefügt und somit als ein einziger großer Schlag gewertet.

Einen Überblick über alle im Habitatmodell überprüften erklärenden Variablen bietet Tabelle 4.

*Tabelle 4: Im Habitatmodell geprüfte erklärende Variablen mit Beschreibung und Auftreten in den Untersuchungsgebieten*

<b>Variable (Untersuchungsgebiet)</b>	<b>Bemerkung</b>	<b>Einheit</b>
Distanz zum nächstgelegenen Weg (F,G,O)	Feldwege, öffentliche Wirtschaftswege	<i>m</i>
Distanz zur nächstgelegenen Straße (F,G,O)	Autobahnen, Bundes-, Land- & Ortsverbindungsstraßen	<i>m</i>
Distanz zur nächstgelegenen Siedlung (F,G,O)	ausschließlich einzelner Gebäude in der Landschaft, ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Waldrand (F,G,O)	mit Bäumen (und Sträuchern) bedeckte Fläche (> 2 ha), ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Gehölz (F,G,O)	Feldhecken, Feldgehölze (< 2 ha), keine Baumreihen, ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zu den nächstgelegenen Ruderalbereichen (F,G,O)	Gräben, Wegränder, Trockenstandorte, Selbstbegrünung	<i>m</i>
Distanz zur nächstgelegenen Buntbrache (F,G,O)	wildtierfreundliche Stilllegung, ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Rapsschlag (F,G,O)		<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Wintergetreideschlag (F,G,O)		<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Sommergetreideschlag (F,G,O)	nur im April	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Schlag mit Zuckerrübe als Vornutzung (F,G,O)	nur von September bis Dezember	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen ungeernteten Zuckerrübenschlag (F,G,O)	nur September/ Oktober, keine Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Grünland (F,G,O)		<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Zwischenfruchtschlag (G,O)	ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen gepflügten Schlag (G,O)	abhängig von landwirtschaftlicher Bearbeitung	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Stoppelschlag (F, G,O)	abhängig von landwirtschaftlicher Bearbeitung	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Miscanthus (Chinaschilf) (G)	nur im den Untersuchungsgebiet Güntersleben, ohne Null-Distanzen	<i>m</i>
Distanz zu den nächstgelegenen Bahngleisen (O)	nur im Untersuchungsgebiet Opferbaum, inklusive Bahndamm und Gleisanlage	<i>m</i>
Distanz zum nächstgelegenen Festpunkt (F,G,O)	zur Überprüfung des Einflusses der Aufnahmemethodik	<i>m</i>
Unmittelbare Schlaggröße (F,G,O)	nur auf landwirtschaftlichen Flächen	<i>ha</i>

(F: Fritzlar, G: Güntersleben, O: Opferbaum)

Miscanthusflächen traten nur im Untersuchungsgebiet Günterleben auf, Gleise nur im Untersuchungsgebiet Opferbaum. Andere potentielle erklärende Variablen, insbesondere die Strukturen der landwirtschaftlichen Schläge, konnten zumeist nur in einem eingeschränkten Zeitraum während des Untersuchungszeitraums von September bis April berücksichtigt werden. Aufgrund der herbstlichen Bearbeitung der Kulturen zählen hierzu Stoppeläcker, Pflugäcker, Zuckerrübenfelder in geerntetem und ungeerntetem Zustand, Zwischenfruchtäcker und schließlich Sommergetreideschläge.

Unter dem verwendeten Begriff „Buntbrachen“ sind gezielt angelegte Ansaatbrachen einzuordnen. Dabei handelte es sich sowohl um reine Kulturartenmischungen als auch um Saatmischungen, welchen Wildkrautsaatgut regionaler Herkünfte beigemischt wurde. Durch Direktsaat wildartenreicher Saatgutmischungen können Pflanzenbestände geschaffen werden, die unterschiedlichen Anwendungszwecken gerecht werden. Voraussetzung für den Erfolg der Bestandsgründung und langfristige Funktionserfüllung ist insbesondere eine gezielte, hinsichtlich Artauswahl und Mischungsanteilen abgestimmte Saatgutmischung, die unter anderem Lebensdauer, Blühperioden, Konkurrenzverhalten, Wuchsform der Einzelarten sowie Korngröße und Auflaufverhalten des Saatguts berücksichtigt (LWG 2005).

Unter dem Begriff der Gehölze sind alle außerhalb geschlossener Wälder liegende punkt-, streifen- oder flächenförmige baum- und/oder gebüschbestandene Strukturen zu verstehen, die allseitig von Offenland umgeben sind und eine maximale Flächenausdehnung von 4 ha haben. In der Regel besteht keine forstwirtschaftliche Nutzung (KRETSCHMAR *et al.* 1995). Diese Definition entspricht auch den Biotop- und Nutzungstypen nach dem Kartierschlüssel des DJV (2003).

Strukturen, die generell nicht dazu geeignet waren, um Feldhasen mit 100 %iger Entdeckungswahrscheinlichkeit mittels Wärmebildkamera zu detektieren, wurden aus dem eigentlichen zu beobachtenden Landschaftsteil ausgeschlossen. Das heißt die Minimaldistanz eines kartierten Feldhasen zu einer dieser entsprechenden Strukturen kann nicht gleich Null sein, da er in diesem Fall schließlich unmittelbar in der Fläche säße.

Als potentielle erklärende Variablen sind in den multivariaten Habitatmodellen nur die statistischen Haupteffekte und keine Interaktionen zwischen den Variablen berücksichtigt worden. Um die Modelle möglichst einfach zu gestalten, wurden Interaktionen in den Kandidaten-Modellen vernachlässigt. Eine sinnvolle Interpretation von Interaktionen ist häufig nicht möglich (HUETTMANN & LINKE 2003a). Trotzdem sind Interaktionen zwischen verschiedenen Strukturelementen der Landschaft denkbar. Beispielsweise ist davon

auszugehen, dass Buntbrachen, die unmittelbar an Siedlungen angrenzen, eine andere Wirkung auf das räumliche Verhalten von Feldhasen besitzen als Buntbrachen, die an Waldbereiche angrenzen.

### 2.3.2 Modellbildung

#### 2.3.2.1 Präsenz- und Pseudo-Absenz-Verteilung

Die Überprüfung räumlicher Präferenzen des Feldhasen basiert in der vorliegenden Untersuchung auf dem Vergleich tatsächlicher Feldhasenstandorte (Präsenz-Daten) mit zufälligen Punkten (Pseudo-Absenz-Daten) im beobachteten Landschaftsraum. Eine grundsätzliche Annahme ist dabei, dass Habitate höherer Qualität proportional häufiger genutzt werden (SOUTHWOOD 1977), so dass bei einer überproportionalen Nutzung von einer Habitatpräferenz, bei einer subproportionalen von einer Meidung ausgegangen werden kann (MÜHLENBERG 1993, AEBISCHER et al. 1993, MANLY et al. 1993). Grundlegend für diese Annahme ist die Überlegung, dass sich Tiere nicht zufällig in ihrem Biotop bewegen. Erst wenn diese Überlegung eintritt, kann davon ausgegangen werden, dass bestimmte Habitate, oder, wie es in dieser Arbeit geprüft werden soll, bestimmte Habitatstrukturen tatsächlich gemieden oder bevorzugt werden. Als Pseudo-Absenz-Verteilung diene in dieser Studie eine ebenfalls im GIS generierte zufällige Punktverteilung wie sie unter anderem bei HUETTMANN & LINKE (2003a), BOYCE et al. (2002), CIARNIELLO et al. (2003), DURNER et al. (2004) oder JOHNSON et al. (2004 & 2006) erwähnt und genutzt werden. Neben einer zufälligen Punktverteilung wird als Alternative häufig eine Punktverteilung tatsächlich ungenutzter Orte (Absenz-Daten) als Referenz der Präsenz-Daten genutzt. In vielen Untersuchungen ist es aber aufgrund methodischer Restriktion nicht möglich, Absenz-Daten zu ermitteln, zudem kann die Bestimmung ungenutzter Orte mit einem hohen Maß an Unsicherheit verbunden sein (JOHNSON et al. 2006, BOYCE et al. 2002). In diesen Fällen werden den Präsenz-Daten die für die untersuchten Organismen insgesamt verfügbaren Ressourcen-Einheiten gegenübergestellt, also verfügbare Daten. Die Aussagekraft einer Studie wird entscheidend beeinflusst durch das ausreichende Vorhandensein von verfügbaren Ressourcen-Einheiten (JOHNSON 1980). Die Ressourcen-Einheiten können dabei sowohl mit Hilfe einer Vollaufnahme der Habitate als auch mit einer Generierung von zufälligen Punkten in der untersuchten Landschaft simuliert werden (BOYCE et al. 2002, ELITH et al. 2006). Die zufällige Punktverteilung dient somit als Ersatz und wird aus diesem Grund Pseudo-Absenz-Verteilung genannt.

Die Pseudo-Absenz-Punktverteilung wurde jeweils in dem Landschaftsraum generiert, der bei einem Erfassungstermin mittels Wärmebildkamera vollständig einsehbar war. Da sich dieser Landschaftsraum zwischen den Erfassungsterminen aufgrund unterschiedlicher

Vegetationshöhen veränderte, und sich somit für jeden Zeitpunkt eine spezifische Landschafts- bzw. Vegetationsstruktur ergab, musste für jeden Erfassungstermin mit geänderter Einsehbarkeit der Landschaft eine eigene Zufallsverteilung generiert werden. Die Anzahl der Zufallspunkte beträgt in etwa das zehnfache der tatsächlichen Ortungspunkte, das heißt für das Untersuchungsgebiet Fritzlar wurden Verteilungen mit 1.000 Zufallspunkten generiert, für das Untersuchungsgebiet Güntersleben wurden 2.000 Zufallspunkte und für das Untersuchungsgebiet Opferbaum wurden 3.000 Zufallspunkte im GIS generiert. Dieses Verhältnis von tatsächlichen zu zufälligen Punkten entspricht dem verschiedener Studien (MCDONALD 2003, JOHNSON et al. 2004, SODEIKAT et al. 2005).

Die Generierung der Zufallspunkte geschah mittels der Extension *Random Point Generator* ebenfalls im Programmpaket ArcView GIS 3.2®. Für die auf diese Weise generierten Zufallspunkte wurden anschließend alle entsprechenden Werte der in Tabelle 4 aufgeführten möglichen erklärenden Variablen berechnet.

### **2.3.2.2 Logistische Regression**

Die statistische Analyse der Präsenz- und Pseudo-Absenz-Daten wurde in der vorliegenden Untersuchung mit Hilfe von logistischen Regressionen durchgeführt. Ist der Zusammenhang zwischen einer beobachteten Zielgröße und der oder den erklärenden Variablen nicht exakt, sondern wird durch zufällige Einflüsse überlagert, so kann mit Hilfe von Regressionsanalysen der Einfluss der erklärenden Variablen geschätzt werden (FAHRMEIR et al. 2007). Diese Schätzung umfasst die Erklärungsgüte sowie das Maß des Einflusses der einzelnen erklärenden Variablen auf die Zielvariable und den Zusammenhang zwischen den erklärenden Variablen. Mit Hilfe der Schätzung dieser drei Werte ist es schließlich möglich, die Wirkung und Bedeutung der erklärenden Variablen zu interpretieren. In diesem Zusammenhang haben Regressionsanalysen mittlerweile in einer Vielzahl von Themenbereichen innerhalb der Ökosystemforschung Anwendung gefunden. Gerade im Bereich der Modellierung von räumlichen Verteilungen von Individuen bzw. Populationen haben sich moderne, auf Regressionen basierende Ansätze als sehr nützlich erwiesen (GUISAN & ZIMMERMANN 2000, SCOTT et al. 2002, ELITH et al. 2006).

In der hier vorgestellten Studie wurden Generalisierte Lineare Modelle (GLM) verwendet, um die Art-Habitat-Beziehung zwischen Feldhasen und den Strukturelementen der Landschaft zu modellieren. GLMs umfassen in einem methodisch einheitlichen Rahmen viele Regressionsansätze für nicht notwendigerweise normalverteilte Zielvariablen (FAHRMEIR et al. 2007). Die Hauptverbesserungen gegenüber der Kleinsten-Quadrat-Schätzung bestehen in



der erhöhten Möglichkeit der Bearbeitung verschiedener Verteilungsformen der Zielvariablen. So können Normal-, Binomial-, Poisson-, Negativ-Binomial oder Gammaverteilungen bearbeitet werden (GUISAN *et al.* 2002, HASTIE & TIBSHIRANI 1990). Auf diese Weise kann der nichtnormalen Verteilung der meisten ökologisch relevanten Daten eher entsprochen werden. Die GLMs sind dadurch flexibler und zur Analyse ökologischer Beziehungen, die durch die klassische Gauß-Verteilung schlecht dargestellt werden können, besser geeignet (BASSI 2003).

GLMs basieren im Wesentlichen auf linearer Regression. Deren Formel lautet:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

wobei  $Y$  für die Zielgröße oder Response-Variable steht,  $\alpha$  für den Achsabschnitt,  $\beta$  für den Vektor der sogenannten Regressionskoeffizienten und  $X$  für den Vektor der erklärenden Variablen.  $\varepsilon$  stellt einen Fehlerterm dar indem sowohl Messfehler, als auch der durch das Modell nicht erklärte Teil der Abweichung erfasst sind.

In GLMs werden die erklärenden Variablen  $X$  zu einer Linearkombination zusammengefasst und zum Erwartungswert  $\mu = E(Y)$  der Response-Variable  $Y$  durch eine sogenannte Link-Funktion  $g()$  in Beziehung gesetzt. (GUISAN *et al.* 2002, ELITH *et al.* 2006) Die allgemeine Formel des GLM lautet:

$$g(E(Y)) = LP = \alpha + \beta X = \alpha + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij}$$

Im Fall einer binären Verteilung der Zielvariablen wird dabei ein logit-Link verwendet, bei der die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines der beiden möglichen Werte der Zielvariablen (0 oder 1) mit Hilfe einer logistischen Regression abgeschätzt wird. Er ist definiert durch:

$$g(\mu) = \ln\left(\frac{\mu}{1-\mu}\right)$$

Auch im vorliegenden Fall wurde mit Hilfe der GLMs die binomiale Verteilung der Zielvariablen, also der 1 im Fall der Präsenz-Daten und der 0 im Fall der Pseudo-Absenz-Daten, mit einer logit-Link-Funktion und damit mit logistischer Regression modelliert. Ebenso wie bei der multiplen linearen Regression wird dabei nach einer Gleichung gesucht, die den Zusammenhang zwischen einer abhängigen und mehreren unabhängigen Variablen abbildet. Diese Gleichung soll den Zusammenhang modellieren zwischen der Veränderung unabhängiger Variablen einerseits und der Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit zu einer

Kategorie der abhängigen Variable andererseits. Die logistische Regression schätzt also die Chancen, dass einer der beiden Zustände eintritt und nicht den jeweiligen Zustandswert. Die Abschätzung der Parameter erfolgt mit Hilfe der Maximum Likelihood-Methode, die eine Verallgemeinerung der Methode der kleinsten Quadrate darstellt. Für weitergehende Informationen zu logistischen Regressionen im Rahmen Generalisierter Linearer Modelle sei auf die Arbeit von DORMANN *et al.* (2004) verwiesen.

Der Zusammenhang jeder einzelnen Variablen mit dem nächtlichen Aufenthaltsort von Feldhasen wird zunächst in einer univariaten Analyse ebenfalls mittels logistischer Regression per GLMs beschrieben. Anschließend werden multivariate Modelle für die einzelnen Untersuchungsgebiete ermittelt, im Anschluss wird für jede der drei räumlichen Einheiten je ein Modell für beide Untersuchungsjahre selektiert. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden in je einem Kapitel für jedes Untersuchungsgebiet vorgestellt.

GUISAN & ZIMMERMANN (2000) bemerken, dass statistische Habitatmodelle zunächst nicht in der Lage sind, die dynamische Entwicklung einer Population oder die Veränderung der Habitatgüte im Laufe eines bestimmten Zeitraums abzubilden. Sie schlagen vor, dass für jeden Zeitpunkt, für den neues, die Veränderungen der Umwelt dokumentierendes Datenmaterial zur Verfügung steht, auch die Modelle angepasst werden. In diesem Fall wird von einer multitemporalen Modellbildung gesprochen (SCHRÖDER 2000). Eine andere Möglichkeit wäre die Aufnahme einer Variable „Zeit“ in das Regressionsmodell. Beispielsweise wäre denkbar, die Erfassungsmonate als kategorielle Variablen in Form einer binären Dummy-Kodierung (FAHRMEIR *et al.* 2007) darzustellen. Allerdings würde auf diese Weise die Komplexität des Modells erheblich zunehmen. Dies mag für Vorhersagemodelle sinnvoll sein. Um den eigentlichen Zusammenhang des Aufnahmezeitpunktes mit der Habitatnutzung der Feldhasen zu beschreiben, wurde die Methode nach GUISAN & ZIMMERMANN (2000) genutzt. Die ergänzende Berechnung von Modellen für zusammengefasste Zwei-Monats-Zeiträume aus beiden Untersuchungsjahren soll damit mögliche zeitliche Präferenzen für einzelne Strukturelemente der Landschaft aufdecken. Diese Modellierungs-Ergebnisse werden in einem eigenen Kapitel vorgestellt. Den Abschluss bildet ein Gesamtmodell für alle georteten Feldhasen.

### **2.3.2.3 Modellselektion**

Vor der Bildung multivariater logistischer Regressionsmodelle empfehlen HOSMER & LEMESHOW (2000) die Schätzung sämtlicher univariater logistischer Modelle, um anschließend nur jene zu berücksichtigen, die auf einem Niveau von  $p < 0.25$  signifikant sind.

SCHRÖDER (2000) wendet ein sehr viel konservativeres Signifikanzniveau von  $p < 0.05$  zur Aufnahme von Variablen in die Modelle an. In der vorliegenden Untersuchung wurde das Instrument der univariaten, oder einfachen Regression der potentiellen erklärenden Variablen dazu genutzt, den Zusammenhang jedes einzelnen Strukturelementes der Landschaft mit den kartierten Aufenthaltsorten der Feldhasen deskriptiv zu beschreiben. Dazu wurden zunächst die Informationen aller 8.303 kartierten Feldhasenstandorte einer univariaten Analyse mittels GLM unterzogen. Anschließend wurden die vorhandenen Daten nach den Untersuchungsgebieten getrennt ausgewertet. Die univariate Analyse beschreibt die Verteilung der Beobachtungen einer Variablen und gibt im vorliegenden Fall einen ersten Hinweis auf die Präferenz oder Meidung von Strukturelementen der Landschaft durch Feldhasen. Da eine einfache Regression jedoch nur eine Variable berücksichtigt, werden Korrelationen und Interaktionen zwischen verschiedenen Variablen nicht berücksichtigt. Die multivariate Regression berücksichtigt dagegen auch die Beziehungen der Variablen untereinander.

Ein wichtiger Schlüssel in der multivariaten Datenanalyse ist die Frage nach dem scheinbar „besten“ Modell, also dem Modell, welches die vorhandenen Daten am besten erklärt (BURNHAM & ANDERSON 1998). Will man zwischen mehreren konkurrierenden Kandidaten-Modellen mit verschiedenen Variablen und Parametern auswählen, muss ein Kompromiss zwischen möglichst guter Datenanpassung und einer zu großen Modellkomplexität getroffen werden. So wird etwa in linearen Regressionsmodellen das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  durch Einbeziehen zusätzlicher Variablen, Interaktionen etc. immer weiter erhöht. Dies ist jedoch meist mit einer Überanpassung an den vorliegenden Datensatz verbunden und geht mit einem Verlust an Prognosefähigkeit und der Generalisierbarkeit für neue Daten einher. Deshalb müssen Kriterien zur Modellanpassung so modifiziert werden, dass eine Überanpassung an den Datensatz durch Bestrafung zu hoher Komplexität vermieden wird (FAHRMEIR *et al.* 2007).

In der Ökologie wird zur Modellselektion meistens eine schrittweise Prozedur durchgeführt, bei der sukzessive einfachere Modelle mittels eines Maßstabes wie des Akaike Information Criterion (AIC) miteinander verglichen werden. Das AIC ist ein Maß zur Beurteilung von multivariaten Modellen, die auf Maximum Likelihood-Schätzungen basieren. Das AIC ist in diesem Fall gegeben durch

$$AIC = -2LL + 2(k+1)$$

Dabei ist  $LL$  die Log-Likelihood des jeweiligen Modells und  $k$  die Zahl der Regressionsparameter ohne die Modellkonstante. Der Term  $2(k+1)$  bestraft in diesem Fall ein überangepasstes Modell, da der AIC bei steigender Anzahl an Regressionsparametern ansteigt.

Im vorliegenden Fall wurde mit Hilfe der Rückwärts-Selektion das Kandidaten-Modell mit dem geringsten AIC ermittelt. Dabei wird mit dem vollen Modell begonnen, in dem alle Variablen enthalten sind. Anschließend wird in jeder Iteration diejenige Variable aus dem Modell entfernt, welche die größte Reduktion des AIC liefert. Der Algorithmus ist beendet, wenn keine Reduktion mehr möglich ist (FAHRMEIR et al. 2007). Für die schließlich ins Modell aufgenommenen Variablen wurden die Koeffizienten und der Standardfehler errechnet. Zusätzlich wurden sie auf Signifikanz geprüft.

Die Güte des logistischen Regressionsmodells wird nach MENARD (2000) bestimmt. Er schlägt ein Pendant zum  $r^2$  des linearen Modells vor. Der Anteil erklärter Varianz errechnet sich dabei aus 1 minus dem Verhältnis der Residual-Deviance zur Null-Deviance:

$$r^2 = 1 - \frac{\text{Residual\_deviance}}{\text{Null\_deviance}} \quad (\text{In: DORMANN \& KÜHN (2008)})$$

Eine Besonderheit bezüglich der Variablenselektion in der vorgestellten Untersuchung stellt die Minimaldistanz von tatsächlichen bzw. zufälligen Standorten zum nächst gelegenen Festpunkt dar. Da die Festpunkte weder gekennzeichnet waren noch einer einheitlichen Charakteristik folgten, ist ein Einfluss dieser Punkte auf das Habitatverhalten der Feldhasen unwahrscheinlich. Taucht die Minimaldistanz zu Festpunkten trotzdem als signifikante erklärende Variable im Verteilungsmodell für Feldhasen auf, kann dies auf Kartierfehler bei der Lokalisation von tatsächlichen Feldhasen-Standorten hinweisen. Um diesen möglichen Fehler auszuschließen, wurde in diesen Fällen die maximale im Modell berücksichtigte Entfernung zwischen Festpunkt und geortetem Feldhasen so lange reduziert, bis die Distanz zu Festpunkten nicht mehr als erklärende Variable im Modell auftaucht. Auf diese Weise konnte der Schätzfehler bei der Lokalisation der Feldhasenstandorte minimiert werden. Um eine möglichst hohe Anzahl der in das Modell einbezogenen tatsächlichen Feldhasenstandorte zu gewährleisten, blieben Modelle, in denen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Festpunkt und Feldhasenstandort festgestellt wurde, davon unberücksichtigt.

Die notwendigen Arbeiten zur statistischen Datenanalyse wurden im Programmpaket R (open source) durchgeführt. Der folgende R output aus einer Modellselektion für das Untersuchungsgebiet Fritzlar dient als Beispiel für die durchgeführten logistischen

Regressionen. Die roten Bereiche sind Erklärungen und in kursiver Schrift die entsprechenden R-Befehle, die schwarzen Bereiche zeigen die wiedergegebenen Werte des Modells.

```
> # GLMs lassen sich in R über das Paket "stats" berechnen. Der #
> # R-Code zur Berechnung eines GLM lautet: #
>
> # fitted.model<-glm(formula,family=family.generator,data=data.frame) #
>
> # Für das Untersuchungsgebiet Fritzlar soll im folgenden Beispiel #
> # ein GLM über den gesamten Beobachtungszeitraum berechnet werden. #
> # Daher werden folgende Variablen ausgeschlossen, die nur zeitlich #
> # befristet auftreten: #
> # DST_ZCKR, DST_ZWFR, DST_STPP, DST_PFLG, DST_ZCKIST, DST_SMGTR #
>
> # Die Variablen DST_GLS und DST_MSC kommen im Untersuchungsgebiet #
> # Fritzlar nicht vor. Für das Untersuchungsgebiet Fritzlar lautet #
> # der Code mit allen Variablen demnach: #
>
> F_ALL<-glm(ART~DST_STR+DST_WG+DST_SDLG+DST_WR+DST_GHLZ+DST_RDR+
+ DST_BB+DST_GRN+DST_RPS+DST_WNTGTR+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),
+ data=MegF,na.action=na.exclude)
>
> summary(F_ALL)
```

Call:

```
glm(formula=ART~DST_STR+DST_WG+DST_SDLG+DST_WR+DST_GHLZ+DST_RDR+DST_BB+DST_GRN+DST_RPS+DST_WNTGTR+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),data=MegF,na.action=na.exclude)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.7525	-0.4465	-0.3996	-0.3246	2.7990

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-2.280e+00	1.469e-01	-15.523	< 2e-16 ***
DST_STR	9.358e-04	1.232e-04	7.594	3.10e-14 ***
DST_WG	2.362e-04	5.420e-04	0.436	0.663008
DST_SDLG	1.822e-04	1.113e-04	1.637	0.101620
DST_WR	3.433e-04	1.122e-04	3.061	0.002208 **
DST_GHLZ	-6.008e-04	1.091e-04	-5.506	3.68e-08 ***
DST_RDR	-7.284e-05	2.526e-04	-0.288	0.773092
DST_BB	-4.688e-04	1.512e-04	-3.100	0.001938 **
DST_GRN	-1.004e-03	2.875e-04	-3.493	0.000478 ***
DST_RPS	-8.321e-04	2.015e-04	-4.129	3.64e-05 ***
DST_WNTGTR	-9.730e-04	2.026e-04	-4.803	1.56e-06 ***
UNM_SLGGR	8.069e-03	5.537e-03	1.457	0.145031

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 9133 on 15883 degrees of freedom  
Residual deviance: 8891 on 15872 degrees of freedom  
(1500 observations deleted due to missingness)  
AIC: 8915

Number of Fisher Scoring iterations: 5

```
> # Dieses GLM ergibt einen AIC von 8915. Durch schrittweise #
> # rückwärts Reduktion der Variablen wird versucht, den AIC zu #
> # verringern: #
>
```

## Fortsetzung R-Code

```
> # Reduziert um DST_WG: #
>
> F_ALL1<-glm(ART~DST_STR+DST_SDLG+DST_WR+DST_GHLZ+DST_RDR+DST_BB+DST_GRN+
+ DST_RPS+DST_WNTGTR+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),
+ data=MegF,na.action=na.exclude)
>
> # Dieses Modell besitzt folgenden AIC: #
> {
+ aicALL1<-extractAIC(F_ALL1)
+ print(aicALL1)
+ }
[1] 11.000 8913.105
>
> # Weiterhin reduziert um DST_RDR #
>
> F_ALL2<-glm(ART~DST_STR+DST_SDLG+DST_WR+DST_GHLZ+DST_BB+DST_GRN+DST_RPS+
+ DST_WNTGTR+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),
+ data=MegF,na.action=na.exclude)
>
> # Dieses Modell besitzt folgenden AIC: #
> {+ aicALL2<-extractAIC(F_ALL2)
+ print(aicALL2)
+ }
[1] 10.000 8911.202
>
> # Der AIC lässt sich nun durch eine weitere Reduzierung der #
> # Variablenzahl nicht weiter verringern. Das selektierte Modell #
> # lautet wie folgt: #
>
> summary(F_ALLneu)

Call:
glm(formula=ART~DST_STR+DST_SDLG+DST_WR+DST_GHLZ+DST_BB+DST_GRN+DST_RPS+DST
_WNTGTR+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),data=MegF,na.action=na.exclud
e)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.7486  -0.4467  -0.3999  -0.3254   2.8024

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -2.2685640   0.1434443  -15.815  < 2e-16 ***
DST_STR      0.0009157   0.0001148    7.975 1.53e-15 ***
DST_SDLG     0.0001817   0.0001049    1.731 0.083446 .
DST_WR       0.0003416   0.0001082    3.155 0.001603 **
DST_GHLZ    -0.0005879   0.0001050   -5.597 2.18e-08 ***
DST_BB      -0.0004730   0.0001334   -3.545 0.000392 ***
DST_GRN     -0.0010220   0.0002816   -3.629 0.000284 ***
DST_RPS     -0.0008274   0.0002007   -4.122 3.76e-05 ***
DST_WNTGTR  -0.0009725   0.0002023   -4.808 1.53e-06 ***
UNM_SLGGR    0.0082442   0.0055053    1.497 0.134266
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
```

### *Fortsetzung R-Code*

```
Null deviance: 9133.0 on 15883 degrees of freedom
Residual deviance: 8891.2 on 15874 degrees of freedom
(1500 observations deleted due to missingness)
AIC: 8911.2

Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Anzahl und Dichte beobachteter Feldhasen

Während der Erfassungstermine mit der Wärmebildkamera wurden insgesamt 8.303 Standorte von Feldhasen kartiert. Davon entfielen 4.494 Standorte auf das Untersuchungsgebiet Opferbaum, 2.418 auf das Untersuchungsgebiet Güntersleben und 1.391 Ortungen auf das Untersuchungsgebiet Fritzlar. Die mit der Wärmebildkamera abgesuchte Fläche betrug je nach Vegetationsaufkommen zum Zeitpunkt der Aufnahme in Fritzlar etwa 430 ha, in Güntersleben etwa 450 ha und in Opferbaum etwa 360 ha. Für das Untersuchungsgebiet Fritzlar ergab sich eine mittlere Dichte von ca. 20 Feldhasen pro 100 ha Offenland, für das Untersuchungsgebiet Güntersleben etwa 30 Feldhasen und für das Untersuchungsgebiet Opferbaum knapp 80 Feldhasen pro 100 ha Offenland. Damit sind die mittels Wärmebildkamera beobachteten mittleren Feldhasendichten in den Untersuchungsgebieten deutlich höher als die mit Hilfe der Scheinwerfertextation im gleichen Zeitraum festgestellten Dichten (Anhang 1). Werden die mittleren Dichten getrennt nach dem Beobachtungszeitraum berechnet, so ergeben sich in allen drei Untersuchungsgebieten für den Zeitraum September 2004 bis April 2005 geringere Abundanzen des Feldhasen als im Zeitraum September 2005 bis April 2006 (TILLMANN & KINSER 2008).

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die mittels Scheinwerfertextation bzw. Wärmebildkamera festgestellten Frühjahrsdichten pro 100 ha Offenland in den Untersuchungsgebieten. Die Ergebnisse der Scheinwerfertextation stammen aus den Frühjahrszählungen der Jäger, die im Rahmen des Projektes „Lebensraum Brache“ überwiegend in den Monaten März und April in den Untersuchungsgebieten durchgeführt wurden. Damit ein Vergleich der Abundanzen zwischen den beiden Methoden möglich ist, wurde als Ergebnis der Frühjahrserfassung mittels Infrarot-Kamera der Mittelwert aus deren März- und der Aprilerfassung berechnet. Dies geschah in Anlehnung an die Methode zur Ermittlung von Feldhasendichten mittels Scheinwerfern, bei der aus zwei aufeinander folgenden Zählungen ebenfalls der Mittelwert zur Abundanzschätzung genutzt wird.



*Tabelle 5: Frühjahrs-Abundanzen des Feldhasen unterschieden nach der Methodik der Erfassung*

	<b>Fritzlar</b>		<b>Güntersleben</b>		<b>Opferbaum</b>	
	WBK*	ST	WBK*	ST	WBK*	ST
2005	16,8	10,5	25,8	20,4	72,8	50
2006	21,8	12,2	39,3	21,5	81,3	48,4

\*Mittelwert der März- und Aprilerfassung  
(WBK: Wärmebildkamera, ST: Scheinwerfertextation)

### 3.2 Struktur der untersuchten Landschaften

Wie bereits im Kapitel 2.1 beschrieben, sind die drei Untersuchungsgebiete bezüglich Ihrer Landschaftsstruktur sehr unterschiedlich. Um die Unterschiede, die zwischen den vorgestellten Landschaftsräumen herrschen, deutlich heraus zu stellen, sollen wesentliche Unterschiede hier quantifiziert werden. Grundlage für die vorgestellten Werte bilden dabei die Flächennutzungs- und Flächenstrukturkartierungen, die im Verlauf des Projektes „Lebensraum Brache“ regelmäßig durchgeführt wurden.

Der Anteil der verschiedenen Nutzungstypen an der Gesamtfläche des Offenlandes der Untersuchungsgebiete wird in Tabelle 6 im Durchschnitt der Jahre 2004 bis 2006 dargestellt.

*Tabelle 6: Anteile ausgewählter Nutzungstypen an der landwirtschaftlichen Fläche im Durchschnitt der Jahre 2004 bis 2006*

	<b>Fritzlar*</b>	<b>Güntersleben</b>	<b>Opferbaum</b>
Wintergetreide	59,1%	29,4%	49,0%
sonst. Getreide	3,9%	30,6%	15,3%
Hackfrüchte	7,8%	5,8%	13,4%
Öl- & Faserpflanzen	11,4%	16,5%	7,3%
sonst. Ackerkulturen	2,1%	5,4%	7,3%
Buntbrache	2,7%	6,3%	4,0%
Selbstbegrünung	0,3%	3,1%	1,0%
Grünland	12,7%	2,9%	2,6%
Durchschnittliche Schlaggröße (ha)	2,65	1,85	2,61

\* Für das Untersuchungsgebiet Fritzlar stammt der Mittelwert aus den Kartierungen der Jahre 2004 und 2005

Hier zeigt sich die Besonderheit des Untersuchungsgebietes Güntersleben durch einen vergleichsweise hohen Anteil Sommergetreide an der Gesamtfläche des Offenlandes. In den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum wird hingegen ein hoher Anteil der zur Verfügung stehenden Fläche mit Wintergetreide bestellt. Im Untersuchungsgebiet Fritzlar spielt des weiteren die Grünlandnutzung im Randbereich der Wälder eine weitere, bedeutende Rolle.

Die berechneten mittleren Schlaggrößen sind im Untersuchungsgebiet Güntersleben deutlich kleiner als in den beiden anderen Untersuchungsgebieten. Im hier vorgestellten Fall wurden alle unmittelbar nebeneinander liegenden Flächen, welche im Sommer 2005 den gleichen Nutzungstyp aufwiesen und kleiner als 2 ha waren, zu einem Polygon und somit zu einem Schlag zusammengefasst. Diese Methode berücksichtigt die Tatsache, dass aus Sicht der Wildtiere kein Unterschied zwischen einem großen Schlag bzw. zwischen direkt angrenzenden Schlägen gleicher Nutzung bestehen kann.

Die Flächenanteile von Wäldern und Siedlungsbereichen an den Untersuchungsgebieten wurden bereits in Kapitel 2.1.3 genannt. Da die Untersuchungsgebiete zum Teil an große Waldflächen angrenzen, ist der Flächenanteil von Wald an den Untersuchungsgebieten für die Erklärung von Habitatverhalten der Feldhasen jedoch nicht geeignet. Demgegenüber könnte die Verteilung des Waldes in der Landschaft für das Raumverhalten von Feldhasen von Bedeutung sein. Die Verteilung von Wald und anderen möglichen Deckungsstrukturen von Feldhasen wird im Folgenden mit Hilfe der Zufallspunkte (Pseudo-Absenz-Verteilung) beschrieben.

Werden Zufallspunkte über eine ganze Landschaft generiert, kann die Verteilung bzw. Häufigkeit von Strukturelementen in dieser Landschaft auch mit Hilfe der Verteilung von Minimaldistanzen zufälliger Punkte zu den entsprechenden Strukturelementen beschrieben werden. Die folgenden drei Histogramme (Abbildung 10 a-c) geben die Anteile einzelner Distanz-Klassen an der Gesamtverteilung der Minimaldistanzen zwischen Zufallspunkten in den drei mittels Wärmebildkamera einsehbaren Landschaftsteilen in Fritzlar, Güntersleben und Opferbaum und in den Untersuchungsgebieten vorhandenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern wieder. Die Verteilung dieser Strukturelemente verdeutlicht die Verfügbarkeit von Deckungshabitaten für Feldhasen in den untersuchten Landschaften. Da eine 100 % ige Entdeckungswahrscheinlichkeit von Feldhasen in diesen Strukturelementen nicht gegeben ist, ist die Null-Distanz bei den Zufallspunkten ausgeschlossen.

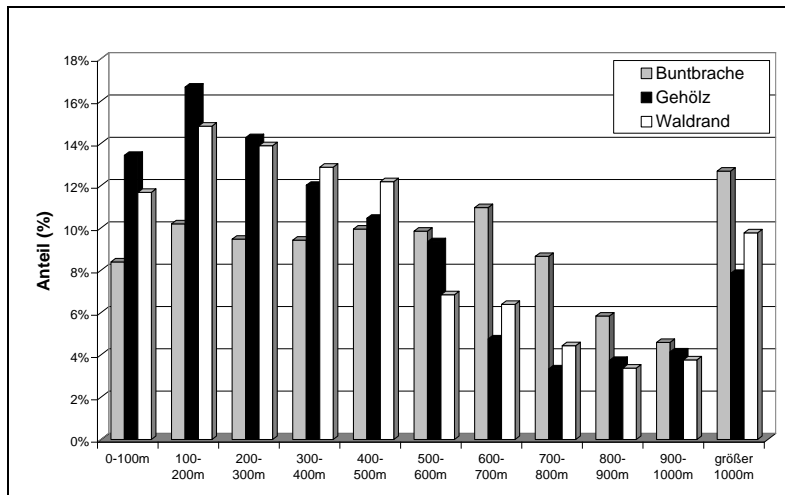


Abbildung 10 a: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Fritzlar (n = 15.994)

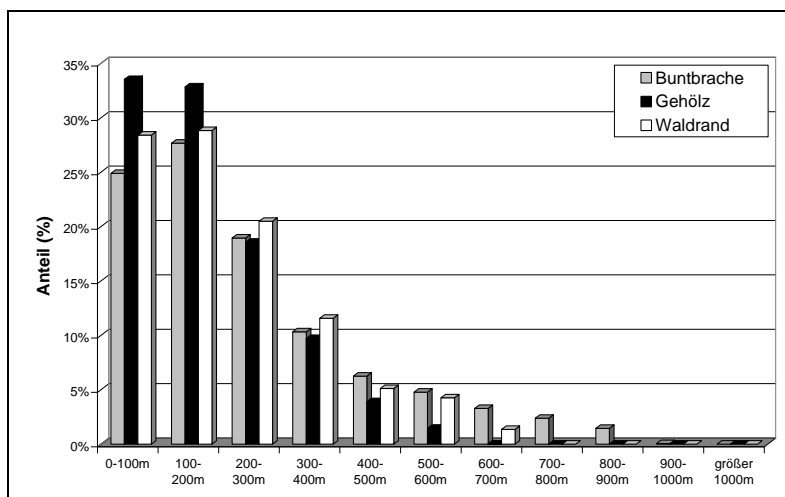


Abbildung 10 b: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Güntersleben (n = 31.812)

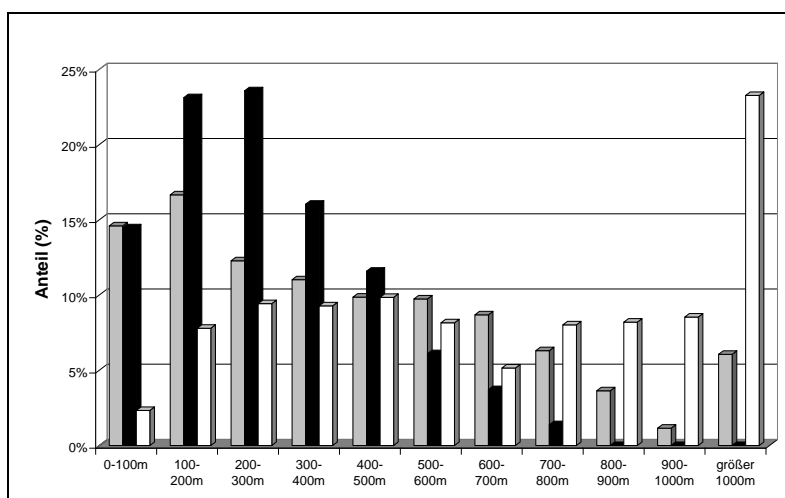


Abbildung 10 c: Klassierte Distanzen von Zufallspunkten zu nächstgelegenen Buntbrachen, Gehölzen und Waldrändern im Untersuchungsgebiet Opferbaum (n = 48.000)

Die Histogramme verdeutlichen den besonderen Strukturreichtum im Untersuchungsgebiet Güntersleben. Nahezu 70 % aller zufällig generierten Punkte liegen in einer Entfernung bis zu 300 m zur nächstgelegenen Buntbrache. Im Projektgebiet Fritzlar sind es hingegen weniger als 30 %. Etwa 10 % der Zufallspunkte sind hier weiter als ein Kilometer vom nächsten Waldrand oder der nächsten Buntbrache entfernt. Im Untersuchungsgebiet Opferbaum fällt der geringe Anteil der Distanzen zu Waldrändern in den ersten Distanzklassen auf.

Um das Auftreten von Waldrändern und Gehölzen in den untersuchten Landschaften zu quantifizieren, mussten einigen Vorgaben formuliert werden. Als Wald wurden alle Bereiche angesehen, die auf den Übersichtskarten für die Untersuchungsgebiete entsprechend gekennzeichnet sind. Dazu gehören somit auch kleine Waldbereiche die vollständig innerhalb eines Untersuchungsgebietes liegen. Gehölzstrukturen, die direkt an Wald angrenzen wurden nicht als Gehölz sondern als Waldrand berücksichtigt.

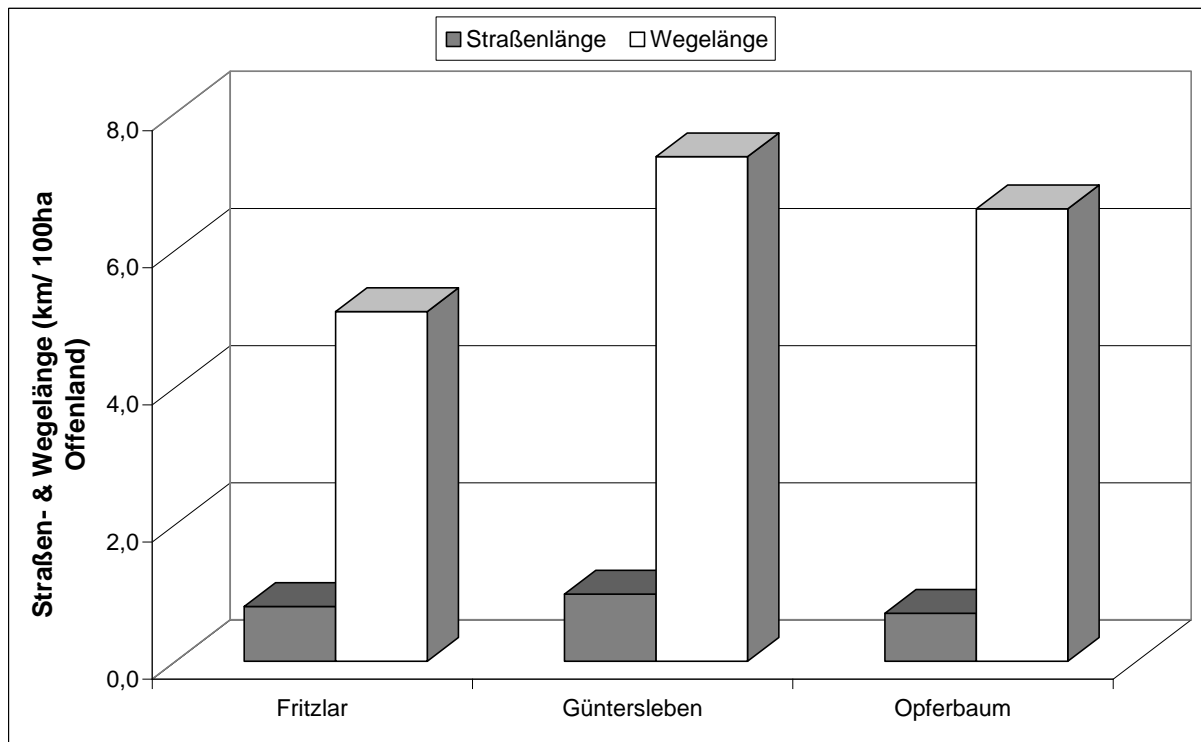


Abbildung 11: Mittlere Straßen- und Wegelänge in Kilometer pro  $\text{km}^2$  in den untersuchten Landschaften

Auch im Fall der relativen Wege- und Straßenlängen wurden im Untersuchungsgebiet Güntersleben die höchsten Werte ermittelt. Auffällig ist, dass die Zerschneidung durch Straßen, also per Definition durch Autobahnen, Bundes- oder Landstraßen bzw. durch Ortsverbindungsstraßen, in allen drei Untersuchungsgebieten ähnlich groß ist. Sie liegt zwischen 0,7 bis 1  $\text{km}^2$  der untersuchten Landschaft.

### 3.3 Generalisierte Lineare Modelle zur nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen

#### 3.3.1 Univariate Analyse der potentiellen erklärenden Variablen

Tabelle 7 gibt die Ergebnisse der univariaten Analysen wieder. Dargestellt ist der statistische Zusammenhang der einzelnen potentiellen erklärenden Variablen und den beobachteten Feldhasenstandorten. Dabei stehen die Symbole + für eine Bevorzugung und – für eine Meidung des jeweiligen Strukturelementes der Landschaft. Die Wirkungsrichtung ergibt sich aus der Abweichung der tatsächlichen Verteilung der Feldhasen zur zufälligen Verteilung. Zum anderen ist das jeweilige Signifikanzniveau des Zusammenhangs angeführt.

*Tabelle 7: Univariater Zusammenhang von Strukturelementen der Landschaft auf die nächtliche Verteilung von Feldhasen*

	gesamte Untersuchungsfläche		UG Fritzlar		UG Güntersleben		UG Opferbaum	
	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert
Distanz zu Wegen	-	>0,00000	+	0,21146	-	>0,00000	-	>0,00000
Distanz zu Straßen	-	>0,00000	-	>0,00000	+	0,41537	-	>0,00000
Distanz zu Siedlungsbereichen	-	>0,00000	-	>0,00000	+	0,00004	-	>0,00000
Distanz zu Waldrändern	+	>0,00000	+	0,00018	+	0,06681	+	>0,00000
Distanz zu Gehölzen	+	0,05114	+	0,00119	-	0,10121	+	0,00359
Distanz zu Ruderalflächen	-	0,10439	-	0,00152	-	0,06844	+	0,00178
Distanz zu Buntbrachen	+	>0,00000	+	>0,00000	-	>0,00000	+	>0,00000
Distanz zu Raps	+	>0,00000	+	0,63585	+	0,00001	+	>0,00000
Distanz zu Wintergetreide	+	>0,00000	+	0,00453	+	0,00021	+	>0,00000
Distanz zu Grünland	+	0,27207	+	>0,00000	-	>0,00000	+	>0,00000
Distanz zu Stoppelschlägen	+	0,01162	+	0,03085	+	0,11875	+	0,24626
Distanz zu Sommergetreide	-	>0,00000	-	0,00990	+	0,88523	-	>0,00000
Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	-	>0,00000	-	>0,00000	-	0,00028	-	0,09884
Distanz zu Zuckerrüben ungeerntet	-	>0,00000	-	>0,00000	-	0,51051	-	0,00018

Fortsetzung Tabelle 7

	gesamte Untersuchungsfläche		UG Fritzlar		UG Güntersleben		UG Opferbaum	
	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert	Wirkung	p-Wert
Distanz zu gepflügten Schlägen	-	0,44181	+	0,38942	-	0,00002	+	0,04314
Distanz zu Zwischenfrucht	-	0,00035			-	0,80713	-	>0,00000
Distanz zu Miscanthus	-	>0,00000			-	>0,00000		
Distanz zu Gleisen	+	>0,00000					+	>0,00000
Distanz zu Festpunkten	-	0,68329	+	0,67273	+	0,52331	+	0,19183
Unmittelbare Schlaggröße	-	0,01923	-	0,18108	+	0,55171	-	0,32751

Um den Einfluss des möglichen Kartierfehlers bei der Ortung der Feldhasen zu minimieren, wurde sowohl für das Untersuchungsgebiet Güntersleben als auch für die gesamte Untersuchungsfläche die Maximaldistanz zwischen Feldhasenstandort und Festpunkt so lange reduziert, bis der Einfluss der Festpunkte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht mehr signifikant ist. Das bedeutet für das Untersuchungsgebiet Güntersleben eine Maximaldistanz von 300 m und für die gesamte Untersuchungsfläche eine Maximaldistanz von 350 m zwischen Festpunkt und kartiertem Feldhasenstandort.

Verkehrs- und Siedlungsstrukturen werden von Feldhasen gemieden, Ausnahme ist eine hochsignifikante Bevorzugung von Siedlungsbereichen im Untersuchungsgebiet Güntersleben. Waldränder und Gehölze werden in den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum bevorzugt. Ruderalflächen werden im Untersuchungsgebiet Fritzlar signifikant gemieden, im Untersuchungsgebiet Opferbaum hingegen bevorzugt. Im Untersuchungsgebiet Güntersleben besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen Feldhasenstandorten und Ruderalflächen. Buntbrachen und Grünland werden in den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum hochsignifikant bevorzugt, in Güntersleben jedoch gemieden. Raps und Wintergetreide werden als einzige Strukturelemente der Landschaft in allen drei Untersuchungsgebieten bevorzugt, allerdings zeigt Raps im Untersuchungsgebiet Fritzlar keine signifikante Wirkung auf Feldhasen. Sommergetreide, Zuckerrübenschläge und Zwischenfrüchte werden zumeist signifikant gemieden. Landwirtschaftliche Flächen mit Stoppeln zeigen einen positiven Zusammenhang zu den beobachteten Feldhasenstandorten,

allerdings ist dieser Zusammenhang nur im Untersuchungsgebiet Fritzlar signifikant. Gepflügte Schläge wiederum sind im Untersuchungsgebiet Opferbaum signifikant häufiger in der Nähe von Feldhasenstandorten zu finden als bei einer zufälligen Verteilung der Feldhasen. Im Untersuchungsgebiet Güntersleben wiederum sind sie signifikant weiter entfernt. Die nur im Untersuchungsgebiet Güntersleben auftretenden *Miscanthus*flächen zeigen eine negative Wirkung auf die georteten Feldhasen. Die im Untersuchungsgebiet Opferbaum georteten Feldhasen waren den nur hier vorkommenden Bahngleisen signifikant näher als bei einer zufälligen Verteilung.

Bezüglich der einzigen Nicht-Distanzvariablen, der unmittelbaren Schlaggröße, wurde innerhalb der drei Untersuchungsgebiete kein signifikanter Effekt auf die kleinräumige Habitatnutzung der Feldhasen festgestellt. Lediglich in Bezug auf die gesamte Untersuchungsfläche wurden größere Schläge von den Feldhasen signifikant bevorzugt.

### **3.3.2 Multivariate Analyse der potentiellen erklärenden Variablen**

#### ***3.3.2.1 Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Fritzlar***

Im Untersuchungsgebiet Fritzlar wurden im Verlauf der vorgestellten Studie insgesamt 1.391 Feldhasen-Standorte kartiert. Dies entspricht durchschnittlich 86 Ortungen pro Erfassungstermin. Im Untersuchungsgebiet waren weder Gleise noch *Miscanthus* als Landschaftselemente vorhanden, außerdem wurde die Distanz zu Zwischenfrüchten aufgrund ihres minimalen Flächenanteils in diesem Landschaftsraum nicht als potentielle erklärende Variable in den GLMs berücksichtigt. Da Pflugäcker auch nur während eines begrenzten Zeitraumes im Winterhalbjahr im Untersuchungsgebiet angetroffen wurden, standen sie als potentielle erklärende Variable für ein Gesamtmodell nicht zur Verfügung.

*Tabelle 8: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Fritzlar*

(F.1)

Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Konstante	-2,26856	0,14344	>0,00000
Distanz zu Straßen	0,00092	0,00011	>0,00000
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00018	0,00010	0,08345
Distanz zu Waldrändern	0,00034	0,00011	0,00160
Distanz zu Gehölzen	-0,00059	0,00011	>0,00000
Distanz zu Buntbrachen	-0,00047	0,00013	0,00039
Distanz zu Raps	-0,00083	0,00020	0,00004
Distanz zu Wintergetreide	-0,00097	0,00020	>0,00000
Distanz zu Grünland	-0,00102	0,00028	0,00028
unmittelbare Schlaggröße	0,00824	0,00551	0,13427

N = 1.391;  $r^2=2,65$

Das mit Hilfe des geringsten AIC ausgewählte Modell F.1 erklärt 2,7 % der vorhandenen Varianz der Daten. Wie bereits im Modell aller Untersuchungsgebiete werden Straßen und Siedlungsbereiche von Feldhasen gemieden, Buntbrachen, Gehölze, Raps und Wintergetreide bevorzugt. Auffällig sind die Meidung von Waldrändern und die ausgeprägte Bevorzugung von Grünland. Die Schlaggröße der landwirtschaftlichen Kulturen hat keinen hier erkennbaren statistisch signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Feldhasen. Während des Prozesses zur Modellselektion wurden die Variablen „Distanz zu Wegrändern“ und „Distanz zu Ruderalflächen“ ausgeschlossen.



*Tabelle 9: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Fritzlar*

Variable	(F.2 und 3)	
	Koeffizient Sept. 04-Apr.05 (F.2)	Koeffizient Sept.05-Apr.06 (F.3)
Konstante	-2,36968 ***	-2,19487 ***
Distanz zu Straßen	0,00097 ***	0,00090 ***
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00044 **	
Distanz zu Waldrändern		0,00053 ***
Distanz zu Gehölzen	-0,00050 ***	-0,00065 ***
Distanz zu Ruderalflächen	-0,00057	
Distanz zu Buntbrachen	-0,00031	-0,00051 **
Distanz zu Raps	-0,00072 *	-0,00124 ***
Distanz zu Wintergetreide	-0,00095 *	-0,00105 ***
Distanz zu Grünland	-0,00130 **	-0,00060
unmittelbare Schlaggröße	0,00215	0,02137 **
	N = 634; $r^2=3,6$	N = 757; $r^2=2,38$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ )

Tabelle 9 stellt die Ergebnisse des Untersuchungsgebietes Fritzlar aufgeteilt nach den beiden Untersuchungszeiträumen dar. Die Wirkrichtungen einzelner Strukturelemente der Landschaft auf das nächtliche Habitatverhalten der Feldhasen sind zwischen den Untersuchungsjahren zum Teil unterschiedlich. Gemein sind beiden Jahren die signifikante Meidung von Straßen sowie die Bevorzugung von Gehölzen, Raps und Wintergetreide. Während jedoch im ersten Beobachtungszeitraum Siedlungsbereiche signifikant gemieden wurden, fand während der zweiten Beobachtungsphase eine Meidung der Waldränder statt. Grünland wiederum wurde nur im ersten Untersuchungszeitraum signifikant bevorzugt. In der zweiten Beobachtungsphase präferieren Feldhasen größere Schläge.

### **3.3.2.2 Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Güntersleben**

Im Untersuchungsgebiet Güntersleben werden alle in Tabelle 4 aufgeführten Variablen mit Ausnahme von „Distanz zu nächstgelegenen Bahngleisen“ als potentielle erklärende Variablen für die nächtliche Verteilung von Feldhasen berücksichtigt. Um den Schätzfehler, der bei der Lokalisation der Feldhasenstandorte aufgetreten ist, möglichst gering zu halten, wurde die Maximaldistanz zwischen Feldhasenstandort und Festpunkt im GLM für alle Beobachtungsperioden auf 300 m begrenzt.

*Tabelle 10: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Güntersleben*

(G.1)

<b>Variable</b>	<b>Konstante</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>P-Wert</b>
Konstante	-2,91503	0,08501	>0,00000
Distanz zu Wegen	0,00489	0,00068	>0,00000
Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00027	0,00005	>0,00000
Distanz zu Miscanthus	0,00038	0,00005	>0,00000
Distanz zu Buntbrachen	-0,00028	0,00016	0,08028
Distanz zu Raps	-0,00118	0,00019	>0,00000
Distanz zu Wintergetreide	-0,00098	0,00024	0,00005
Distanz zu Zwischenfrucht	0,00014	0,00007	0,03967
Distanz zu Grünland	0,00094	0,00015	>0,00000
unmittelbare Schlaggröße	-0,00375	0,01217	0,75815

N = 2.418;  $r^2=2,0$

Das ausgewählte Modell G.1 für das Untersuchungsgebiet Güntersleben erklärt 2,0 % der Varianz der Daten. Im Verlauf der Modellselektion wurden die Variablen „Distanz zu Ruderalbereichen“, „Distanz zu Gehölzen“ und „Distanz zu Waldrändern“ ausgeschlossen. Der Ausschluss dieser Variablen, die in anderen Untersuchungsgebieten und auch in der Gesamtbetrachtung aller zur Verfügung stehenden Daten eine signifikante Bedeutung haben, zeigt bereits, dass im Untersuchungsgebiet Güntersleben von den zwei anderen Untersuchungsgebieten abweichende Ergebnisse erzielt werden. Zwar werden wie auch in den bereits vorgestellten Modellen Raps und Wintergetreide bevorzugt, allerdings zeigen hier die beobachteten Feldhasenstandorte auch eine Präferenz für Siedlungsbereiche. Signifikant gemieden werden hingegen Wege, Grünland und Miscanthus-Flächen

*Tabelle 11: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Güntersleben*

(G.2 und 3)

Variable	Koeffizient	Koeffizient
	Sept. 04-Apr.05	Sept.05-Apr.06
	(G.2)	(G.3)
Konstante	-3,40997 ***	-2,61007 ***
Distanz zu Wegen	0,00679 ***	0,00445 ***
Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00035 ***	-0,00025 **
Distanz zu Waldrändern	0,00074 *	
Distanz zu Miscanthus	0,00036 ***	0,00025 ***
Distanz zu Raps	-0,00160 ***	-0,00051
Distanz zu Wintergetreide		-0,00545 ***
Distanz zu Zwischenfrucht		0,00041 *
Distanz zu Pflugäckern	0,00033 ***	
Distanz zu Stoppeläckern		-0,00003
Distanz zu Grünland	0,00142 ***	0,00058 **
Distanz zu Festpunkten		-0,00064
unmittelbare Schlaggröße	-0,01840	0,00714
	N = 982; $r^2=3,58$	N = 1.331; $r^2=2,35$
(Signifikanzniveau: *** für $p<0,001$ ; **für $p<0,01$ ; *für $p<0,05$ )		

Tabelle 11 stellt die Modelle G.2 und G.3 aus den beiden Beobachtungszeiträumen für das Untersuchungsgebiet Güntersleben dar. Die Bedeutung der Variable „Distanz zu Festpunkten“ konnte für den ersten Beobachtungszeitraum mit Hilfe der Reduzierung der Maximaldistanz auf 300 m ausgeschlossen werden.

Wie bereits im Modell G.1 zeigt sich auch in den Modellen G.2 und G.3 die Besonderheit des Untersuchungsgebietes Güntersleben. In beiden Modellen gleich sind zunächst die Präferenz von Siedlungsbereichen und die Meidung von Wegen, Miscanthusflächen und Grünland. Die Meidung von Waldrändern und Pflugäckern scheint hingegen nur im ersten Beobachtungszeitraum von Bedeutung zu sein, ebenfalls wird Raps lediglich im ersten Jahr signifikant bevorzugt. Wintergetreide taucht nur im Modell G.3 als erklärende Variable auf.

### **3.3.2.3 Multivariate Modelle für das Untersuchungsgebiet Opferbaum**

Im Untersuchungsgebiet Opferbaum wurden die mit Abstand höchsten Feldhasendichten angetroffen. Entsprechend hoch ist somit auch die Anzahl der Feldhasenortungen, die mit Hilfe der GLMs ausgewertet wurden. Mit Ausnahme von „Distanz zu Miscanthus“ konnten alle potentiellen erklärenden Variablen berücksichtigt werden.

Tabelle 12: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Opferbaum

(O.1)

Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Konstante	-2,76201	0,10257	>0,00000
Distanz zu Wegen	0,00320	0,00043	>0,00000
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00079	0,00006	>0,00000
Distanz zu Ruderalflächen	0,00144	0,00018	>0,00000
Distanz zu Gleisen	-0,00021	0,00003	>0,00000
Distanz zu Buntbrachen	-0,00051	0,00008	>0,00000
Distanz zu Raps	-0,00060	0,00013	>0,00000
Distanz zu Wintergetreide	-0,00035	0,00006	>0,00000
Distanz zu Zwischenfrucht	-0,00011	0,00008	0,14292
Distanz zu Pflugäckern	0,00019	0,00010	0,04348
Distanz zu Grünland	-0,00065	0,00013	>0,00000
Distanz zu Festpunkten	0,00029	0,00019	0,12813
unmittelbare Schlaggröße	0,01118	0,00668	0,09403

N = 4.494;  $r^2=3,05$

Das für das Untersuchungsgebiet Opferbaum mittels AIC ausgesuchte Modell O.1 erklärt 3,1 % der vorhandenen Varianz der Daten und basiert auf Informationen aus 4.494 tatsächlichen und 48.000 zufälligen Ortungen. Buntbrachen, Raps und Wintergetreide werden im Untersuchungsgebiet signifikant bevorzugt. Hinzu kommt eine deutliche Präferenz für Grünland und für Bahngleise. Gemieden werden hingegen Wege, Siedlungsbereiche und Ruderalflächen. Zwischenfrüchte haben keine signifikante Bedeutung innerhalb des selektierten GLMs.

Auffällig im Gesamtmodell des Untersuchungsgebietes Opferbaum ist die Tatsache, dass die Distanz zu Waldrändern und Gehölzen aufgrund der Variablenselektion im Modellierungsprozess ebenso wie im Untersuchungsgebiet Güntersleben ausgeschlossen wurden. Trotzdem ist hier die höchste Anzahl erklärender Variablen im ausgesuchten Modell im Vergleich zu denen der Untersuchungsgebiete Güntersleben und Fritzlar vorhanden. Eigene Untersuchungen haben ergeben, dass eine zufällige Reduzierung der Anzahl ausgewerteter Beobachtungen um bis zu 90 % keine wesentliche Verringerung der signifikanten Variablen nach sich zieht (Anhang 3). Maximal haben die dann selektierten Modelle drei Variablen weniger als im voll ausgewerteten Datensatz, die fehlenden sind jedoch fast immer die nicht signifikanten Variablen des Modells O.1. Ähnlich verhält es sich

auch bei einer Veränderung des Verhältnisses der Zufallspunkte zu den tatsächlichen Beobachtungen. Eigene Untersuchungen haben auch hier gezeigt, dass selbst bei einem nahezu ausgeglichenen Verhältnis der Anzahl von Präsenz- und Pseudo-Absenz-Punkten keine bedeutende Änderung im selektierten Modell eintritt (Anhang 3).

*Tabelle 13: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre im Untersuchungsgebiet Opferbaum*

Variable	Koeffizient		Koeffizient	
	Sept. 04-Apr.05 (O.2)		Sept.05-Apr.06 (O.3)	
Konstante	-2,51657 ***		-2,80183 ***	
Distanz zu Wegen	0,00288 ***		0,00354 ***	
Distanz zu Straßen	-0,00031 ***			
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00081 ***		0,00082 ***	
Distanz zu Waldrändern	-0,00047 ***			
Distanz zu Ruderalflächen	0,00145 ***		0,00123 ***	
Distanz zu Gleisen	-0,00020 ***		-0,00023 ***	
Distanz zu Buntbrachen			-0,00053 ***	
Distanz zu Raps	-0,00141 ***		-0,00044 *	
Distanz zu Wintergetreide	-0,00023 ***		-0,00336 ***	
Distanz zu Zwischenfrucht	0,00026		-0,00020	
Distanz zu Grünland			-0,00055 **	
Distanz zu Festpunkten	-0,00052		0,00101 ***	
unmittelbare Schlaggröße	0,00629		0,01981	
N = 2.003; $r^2=2,8$			N = 2.393; $r^2=3,8$	

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p<0,001$ ; \*\*für  $p<0,01$ ; \*für  $p<0,05$ )

Die beiden Modelle O.2 und O.3 erklären 2,8 bzw. 3,8 % der Varianz der Daten und basieren auf Informationen von 2.003 bzw. 2.393 Feldhasenstandorten während des ersten und zweiten Beobachtungszeitraumes. Der Einfluss des Schätzfehlers auf die Ergebnisse der GLMs konnte zumindest für den ersten Beobachtungszeitraum zwischen September 2004 bis April 2005 durch Reduzierung der Maximaldistanz auf 350 m zwischen Festpunkt und beobachteten Feldhasenstandort auf ein nicht signifikantes Niveau gedrückt werden.

In beiden Untersuchungszeiträumen wurden Wege, Siedlungsbereiche und Ruderalflächen signifikant gemieden. Während der Beobachtungen zwischen September 2005 bis April 2006 ist die Distanz zu Festpunkten der tatsächlich georteten Feldhasen signifikant größer als sie es bei einer zufälligen Verteilung in der Landschaft gewesen wäre. In diesem Zeitraum tritt zudem eine signifikante Bevorzugung von Grünlandbereichen und Buntbrachen auf.

### 3.3.2.4 Multitemporale Modelle der Zwei-Monats-Zeiträume

Um den möglichen Einfluss von zeitlich begrenzt auftretenden Strukturelementen der Landschaft auf das räumliche Verhalten der Feldhasen untersuchen zu können, wurde die Untersuchungsperiode von September bis April in vier Zwei-Monats-Zeiträume geteilt. Diese multitemporale Modellbildung hilft, um mögliche zeitliche Tendenzen der Bevorzugung oder Meidung bestimmter Strukturelemente der Landschaft zu beschreiben. Zur Berechnung der Modelle wurden die Daten der Zwei-Monats-Zeiträume aus beiden Untersuchungsperioden zusammen ausgewertet, damit fließen die Daten aus je vier Monaten in jedes Modell ein. Die Zwei-Monats-Modelle wurden zunächst für jedes einzelne Untersuchungsgebiet berechnet. Anschließend wurde ein Modell für die Daten aus allen Untersuchungsgebieten selektiert.

*Tabelle 14: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Fritzlar*

(F.Z.1-4)

Variable	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient
	Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
	(F.Z.1)	(F.Z.2)	(F.Z.3)	(F.Z.4)
Konstante	-1,94528 ***	-3,10114 ***	-2,79915 ***	-1,53644 ***
Distanz zu Straßen	0,00096 ***	0,00140 ***	0,00227 ***	
Distanz zu Siedlungsbereichen		0,00031 *	0,00029	0,00038
Distanz zu Waldrändern		0,00052 **	0,00069 ***	
Distanz zu Gehölzen		-0,00058 ***	-0,00122 ***	-0,00041 *
Distanz zu Buntbrachen	-0,00038			-0,00066 *
Distanz zu Raps	-0,00138 **	-0,00107 **	-0,00143 ***	-0,00071
Distanz zu Wintergetreide	-0,00085 ***	-0,00552 ***	-0,00835 ***	-0,00378 *
Distanz zu Zuckerrübe als Vornutzung	-0,00068			
Distanz zu Zuckerrübe ungeerntet	0,00083 **			
Distanz zu Pflugäckern			-0,00130 ***	
Distanz zu Stoppeläckern	-0,00052 **			
Distanz zu Grünland	-0,00242 ***			-0,00167 **
Distanz zu Festpunkten		0,00134	0,00176 *	-0,00104
unmittelbare Schlaggröße	0,02844 *	0,00251	-0,01202	-0,00391
	N = 325; $r^2=4,75$	N = 393; $r^2=3,05$	N = 345; $r^2=5,11$	N = 328; $r^2=2,84$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ )

Tabelle 14 gibt die Ergebnisse für die vier zusammengefassten Beobachtungsmonaten im Untersuchungsgebiet Fritzlar wieder. Der Erklärungsanteil an der Gesamtvarianz beträgt zwischen 2,8 und 5,1 %, die Informationen aus jeweils ca. 350 Präsenz-Punkte fließen in jedes GLM ein.

In den zeitlich differenzierten Modellen tauchen in diesem Fall weitere Landschaftselemente als signifikante erklärende Variable auf. Im Zeitraum September und Oktober werden Stoppeläcker offensichtlich im untersuchten Landschaftsraum bevorzugt, ungeerntete Zuckerrübenfelder hingegen gemieden. Raps und Wintergetreide werden über die gesamte Beobachtungsperiode bevorzugt, Grünland und Buntbrachen hingegen nur zu Beginn und zum Ende des Beobachtungszeitraumes. Auffällig ist hier die deutliche Präferenz für gepflügte Äcker in den Monaten Januar und Februar. Weiterhin fällt auf, dass Siedlungsbereiche nur im Zeitraum November und Dezember signifikant gemieden worden sind. Hinsichtlich der Schlaggröße wurden im September und Oktober größere Flächen bevorzugt.

*Tabelle 15: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Güntersleben*

(G.Z.1-4)

Variable	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient
	Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
	(G.Z.1)	(G.Z.2)	(G.Z.3)	(G.Z.4)
Konstante	-2,72749 ***	-2,65253 ***	-2,73772 ***	-2,59359 ***
Distanz zu Wegen	0,00624 ***	0,00602 ***	0,00482 ***	0,00258
Distanz zu Straßen	0,00039 **	-0,00038 **		
Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00032 **	-0,00029 *	-0,00028 **	
Distanz zu Waldrändern	0,00065			
Distanz zu Gehölzen	-0,00076 *			
Distanz zu Ruderalflächen		0,00126 *		0,00101
Distanz zu Buntbrachen	-0,00044	0,00052		-0,00065 *
Distanz zu Raps		-0,00183 ***	-0,00143 ***	-0,00117 ***
Distanz zu Wintergetreide		-0,00261 ***	-0,00245 **	-0,00378 ***
Distanz zu Grünland	0,00107 ***	0,00043	0,00054 *	0,00128 ***
Distanz zu Zwischenfrucht		-0,00076 **		
Distanz zu Stoppeläckern		0,00059 ***		
Distanz zu Miscanthus	0,00054 ***	0,00014	0,00023 **	0,00026 **
Distanz zu Festpunkten	-0,00306 ***	-0,00084	-0,00089	-0,00229 ***
unmittelbare Schlaggröße	-0,03950 *	0,01128	0,03276	0,00157
	N = 725; $r^2=3,15$	N = 612; $r^2=3,02$	N = 518; $r^2=1,66$	N = 563; $r^2=2,24$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ )

Die ausgewählten Modelle G.Z.1-4 beschreiben 1,7 bis 3,2 % der vorhandenen Varianz der Daten. Etwa 600 Feldhasenstandorte wurden jeweils berücksichtigt. Hier zeigt sich, dass Feldhasen den ihnen zur Verfügung stehenden Raum während des Winterhalbjahres zeitlich unterschiedlich nutzen. Buntbrachen werden in diesem Fall lediglich während der Monate

März und April signifikant bevorzugt, die Nähe zu Siedlungsbereichen hingegen wird während der Periode zwischen September bis einschließlich Februar bevorzugt. Die Nähe zu Wegen wird mit Ausnahme der Monate März und April über die gesamte Beobachtungsperiode signifikant gemieden, Raps und Wintergetreide wiederum werden erst ab dem November signifikant präferiert. Grünland wird mit Ausnahme der Zeit zwischen November und Dezember signifikant gemieden, ebenso Miscanthus. Bezüglich der unmittelbaren Schlaggröße tritt lediglich im Zeitraum September und Oktober eine signifikante Bevorzugung kleiner Schläge auf. Auffällig ist die signifikante Bevorzugung der Nähe zu Festpunkten. Diese konnte auch durch den Versuch der Reduzierung der maximal berücksichtigten Distanz zwischen Festpunkten und Feldhasenortung nicht ausgeschlossen werden.



Tabelle 16: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume im Untersuchungsgebiet Opferbaum

(O.Z.1-4)

Variable	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient
	Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
	(O.Z.1)	(O.Z.2)	(O.Z.3)	(O.Z.4)
Konstante	-1,91160 ***	-3,72433 ***	-2,84835 ***	-1,97520 ***
Distanz zu Wegen	0,00621 ***	0,00247 **	0,00251 **	0,00170 *
Distanz zu Straßen		-0,00027 *		
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00091 ***	0,00101 ***	0,00071 ***	0,00032 *
Distanz zu Waldrändern	-0,00031			-0,00027
Distanz zu Gehölzen			0,00052	0,00072 *
Distanz zu Ruderalflächen	0,00124 ***	0,00240 ***	0,00094 **	0,00093 **
Distanz zu Gleisen	-0,00026 ***	-0,00021 **	-0,00029 ***	-0,00034 ***
Distanz zu Buntbrachen	-0,00049 **	-0,00067 ***	-0,00043 **	-0,00052 **
Distanz zu Raps		-0,00092 ***	-0,00054 *	-0,00094 ***
Distanz zu Wintergetreide				-0,00239 *
Distanz zu Zuckerrübe als Vornutzung	-0,00070 *			
Distanz zu Zuckerrübe ungeerntet	0,00067 ***			
Distanz zu Zwischenfrucht	-0,00071 ***	0,00041 **		
Distanz zu Pflugäckern		0,00034	0,00041 *	
Distanz zu Grünland		-0,00059 *	-0,00076 **	-0,00077 *
Distanz zu Festpunkten	-0,00287 ***	0,00129 ***	0,00090 *	0,00082 *
unmittelbare Schlaggröße	-0,06139	0,11215	-0,00413	-0,02890 *
	N = 1.153; $r^2=5,04$	N = 1.202; $r^2=4,89$	N = 1.088; $r^2=2,89$	N = 1.051; $r^2=3,03$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ )

Die vier in Tabelle 16 dargestellten GLMs für das Untersuchungsgebiet Opferbaum erklären zwischen 2,9 bis 5,0 % der vorhandenen Datenvarianz und basieren auf je etwa 1.100 Feldhasenstandorten und 12.000 Pseudo-Absenz-Punkten. Die Modelle zeigen Gemeinsamkeiten bezüglich der signifikanten Meidung von Wegen, Siedlungsbereichen und Ruderalflächen. Buntbrachen und Bahngleise sind die einzigen Strukturelemente der Landschaft, die im Untersuchungsgebiet Opferbaum in jeder Beobachtungsperiode signifikant bevorzugt wurden. Grünland und Raps wurden erst ab November signifikant präferiert, Zwischenfrüchte und Zuckerrübenäcker nur während des Zeitraumes September und Oktober. Im November und Dezember hingegen wurden Zwischenfruchtäcker signifikant gemieden, Wintergetreide zeigt hier nur am Ende des jeweiligen Untersuchungszeitraumes eine positive Wirkung auf die Habitatnutzung der Feldhasen. Die Distanz zum nächst gelegenen Festpunkt taucht in den vorgestellten Modellen zunächst als signifikant präferierte Variable auf. Ab

November waren die Feldhasen aber signifikant weiter von diesen Punkten entfernt als bei einer zufälligen Verteilung in der Landschaft.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Ergebnisse der Modelle F.Z.1-4, G.Z.1-4 und O.Z.1-4 auf eine anschaulichere Art dar. Dabei wird auf eine Nennung der genauen Koeffizienten aus den multitemporalen multivariaten Modellen verzichtet. Vielmehr steht analog zur Tabelle 7 das + für die Bevorzugung und das – für die Meidung der jeweiligen Struktur. Mit Ausnahme der entsprechend gekennzeichneten Variablen sind alle signifikant.

*Tabelle 17: Meidung und Bevorzugung von Strukturelementen der Landschaft während der Zwei-Monats-Zeiträume in den Untersuchungsgebieten*

Variable	Untersuchungsgebiet	Zeitraum			
		Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
Distanz zu Wegen	Güntersleben	-	-	-	- n.s.
	Opferbaum	-	-	-	-
Distanz zu Straßen	Fritzlar	-	-	-	
	Güntersleben Opferbaum	-	+ +		
Distanz zu Siedlungsbereichen	Fritzlar		-	- n.s.	- n.s.
	Güntersleben Opferbaum	+ -	+ -	+ -	-
Distanz zu Waldrändern	Fritzlar		-	-	
	Güntersleben Opferbaum	- n.s. + n.s.			+ n.s.
Distanz zu Gehölzen	Fritzlar		+	+	+
	Güntersleben Opferbaum	+ -		- n.s.	-
Distanz zu Ruderalflächen	Güntersleben		-		- n.s.
	Opferbaum	-	-	-	-
Distanz zu Buntbrachen	Fritzlar	+ n.s.			+
	Güntersleben Opferbaum	+ n.s. +	- n.s. +	 +	+ +
Distanz zu Raps	Fritzlar	+	+	+	+ n.s.
	Güntersleben Opferbaum		+ +	+ +	+ +
Distanz zu Wintergetreide	Fritzlar	+	+	+	+
	Güntersleben Opferbaum		+ +	+ +	+ +
Distanz zu Grünland	Fritzlar	+			+
	Güntersleben Opferbaum	- +	- n.s. +	- +	- +

n.s.: nicht signifikant

Fortsetzung Tabelle 17

Variable	Untersuchungsgebiet	Zeitraum			
		Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
Distanz zu Stoppeläckern	Fritzlar Güntersleben	+	-		
Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	Fritzlar Opferbaum	+ n.s.			
Distanz zu Zuckerrüben ungeerntet	Fritzlar Opferbaum	-			
Distanz zu Pflugäckern	Fritzlar Opferbaum		- n.s.	+ -	
Distanz zu Zwischenfrucht	Güntersleben Opferbaum		+ -		
Distanz zu Miscanthus	Güntersleben	-	- n.s.	-	-
Distanz zu Gleisen	Opferbaum	+	+	+	+
Distanz zu Festpunkten	Fritzlar		- n.s.	-	+ n.s.
	Güntersleben	+	+ n.s.	+ n.s.	+
	Opferbaum	+	-	-	-
unmittelbare Schlaggröße	Fritzlar	-	- n.s.	+ n.s.	+ n.s.
	Güntersleben	+	- n.s.	- n.s.	- n.s.
	Opferbaum	+ n.s.	- n.s.	+ n.s.	+

n.s.: nicht signifikant

Tabelle 17 veranschaulicht, dass die Wirkung der Strukturelemente der Landschaft auf die räumliche Verteilung der Feldhasen nicht nur zwischen den Zwei-Monats-Zeiträumen unterschiedlich ist, sondern vor allem auch zwischen den Untersuchungsgebieten. Dies gilt im Besonderen für die Strukturelemente Siedlung und Straße. Waldränder haben nur in den Zwei-Monats-Zeiträumen für das Untersuchungsgebiet Fritzlar bzw. auf der Ebene der gesamten Untersuchungsfläche eine signifikante Wirkung, allerdings sowohl als bevorzugtes als auch als gemiedenes Landschaftselement. Grünland wird im Untersuchungsgebiet Güntersleben meist signifikant gemieden, in Fritzlar und Opferbaum jedoch zu unterschiedlichen Zeiten signifikant bevorzugt. Ähnlichkeiten bestehen in der Bevorzugung der Strukturelemente Raps und Wintergetreide, auffällig ist die einheitliche Bevorzugung dieser Elemente und der Buntbrachen in den Monaten März/ April.

Den Abschluss der Untersuchung der Zwei-Monats-Zeiträume bildet eine multitemporale Modellbildung für die Daten aus allen Untersuchungsgebieten.

*Tabelle 18: Multitemporale Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für Zwei-Monats-Zeiträume auf der gesamten Untersuchungsfläche*

(OFG.Z.1-4)

Variable	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient	Koeffizient
	Sept./ Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	Mrz./ Apr.
	(OFG.Z.1)	(OFG.Z.2)	(OFG.Z.3)	(OFG.Z.4)
Konstante	-2,17738 ***	-2,67155 ***	-2,61926 ***	-2,22597 ***
Distanz zu Wegen	0,00472 ***	0,00208 ***	0,00240 ***	0,00162 **
Distanz zu Straßen	0,00024 ***		0,00025 ***	0,00015 *
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00019 **	0,00039 ***	0,00025 ***	0,00023 **
Distanz zu Waldrändern	-0,00018 *	-0,00022 **		
Distanz zu Gehölzen	-0,00037 **	-0,00042 ***	-0,00038 **	-0,00022
Distanz zu Ruderalflächen	0,00034	0,00141 ***	0,00054 *	0,00076 **
Distanz zu Buntbrachen	-0,00018	-0,00020 *		-0,00052 ***
Distanz zu Raps		-0,00082 ***	-0,00090 ***	-0,00105 ***
Distanz zu Wintergetreide		-0,00284 ***	-0,00332 ***	-0,00427 ***
Distanz zu Grünland	0,00024		-0,00033 *	
Distanz zu Zuckerrübe ungeerntet	0,00009			
Distanz zu Festpunkten	-0,00283 ***			-0,00049
unmittelbare Schlaggröße	-0,01873 *	0,04057 ***	0,00968	-0,01324
	N = 2.203; $r^2=1,91$	N = 2.207; $r^2=1,58$	N = 1.951; $r^2=1,13$	N = 1.942; $r^2=1,49$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ )

Trotz der Teilung in jahreszeitliche Perioden lässt sich für keines der untersuchten Strukturelemente ein Wechsel der Präferenz erkennen. Lediglich Waldränder scheinen ihre Attraktivität für Feldhasen im Verlauf des Herbstes und Winters zu verlieren, Wintergetreide und Raps hingegen scheinen zu Beginn des Beobachtungszeitraumes im September und Oktober noch keine besondere Anziehung für Feldhasen zu besitzen.

### 3.3.2.5 Multivariate Modelle für alle Untersuchungsgebiete

In den Kapitel 3.3.2.1 bis 3.3.2.3 wurden die Modelle der einzelnen Untersuchungsgebiete vorgestellt. Bevor in einem letzten Schritt ein Gesamtmodell der nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen für alle in den drei Untersuchungsgebieten detektierten Feldhasen vorgestellt wird, fasst Tabelle 19 die Ergebnisse der multivariaten Untersuchungsgebiets-Modelle G.1, F.1 und O.1 zusammen. Analog zu den Tabellen 7 und 17 wird zum Zwecke einer vereinfachten Darstellung auf die Koeffizienten verzichtet, es wird lediglich die Meidung (-) bzw. Bevorzugung (+) des jeweiligen Strukturelementes der Landschaft mit dem dazugehörigen Signifikanzniveau gezeigt.

Tabelle 19: Vereinfachte Darstellung der Modelle F.1, G.1 und O.1

	Fritzlar (F.1)	Güntersleben (G.1)	Opferbaum (O.1)
Variable			
Distanz zu Straßen	- ***		
Distanz zu Wegen		- ***	- ***
Distanz zu Siedlungsbereichen	-	+ ***	- ***
Distanz zu Ruderalflächen			- ***
Distanz zu Gleisen	n.b.	n.b.	+ ***
Distanz zu Waldrändern	- **		
Distanz zu Gehölzen	+ ***		
Distanz zu Miscanthus	n.b.	- ***	n.b.
Distanz zu Buntbrachen	+ ***	+	+ ***
Distanz zu Raps	+ ***	+ ***	+ ***
Distanz zu Wintergetreide	+ ***	+ ***	+ ***
Distanz zu Zwischenfrucht	n.b.	- *	+
Distanz zu Pflugäckern	n.b.		- *
Distanz zu Grünland	+ ***	- ***	+ ***
Distanz zu Festpunkten			-
unmittelbare Schlaggröße	-	+	-

Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p < 0,001$ ; \*\* für  $p < 0,01$ ; \* für  $p < 0,05$ 

n.b.: nicht berücksichtigt

Tabelle 19 veranschaulicht, dass deutliche Unterschiede in der Präferenz der einzelnen Strukturelemente der Landschaft zwischen den Untersuchungsgebieten bestehen. Besonders deutlich wird dies bei den Variablen „Distanz zu Siedlungsbereichen“ und „Distanz zu Grünland“. Überraschend ist die Präferenz für Siedlungsflächen im Untersuchungsgebiet Güntersleben. Auf der anderen Seite werden aber vor allem Raps und Wintergetreide in allen Untersuchungsgebieten signifikant bevorzugt, Buntbrachen werden nur im Untersuchungsgebiet Güntersleben nicht signifikant bevorzugt.

Abschließend wird ein Gesamtmodell über alle Untersuchungsgebiete und alle Untersuchungszeiträume vorgestellt. Da die Landschaftselemente „Miscanthus“ und „Bahngleise“ nur in Güntersleben bzw. Opferbaum vorhanden sind, wurden sie für die Herleitung eines gemeinsamen Modells ausgeschlossen. Weitere Variablen waren nicht konstant über den Untersuchungszeitraum von September bis April in den jeweiligen Landschaften verfügbar. Aus diesem Grund wurden auch die Landschaftselemente Sommergetreide, Zuckerrüben als Vornutzung, Zuckerrüben ungeerntet, Zwischenfrucht, gepflügter Acker und Stoppeln für ein gemeinsames Modell nicht berücksichtigt.

*Tabelle 20: Multivariates Modell zur nächtlichen Habitatnutzung auf der gesamten Untersuchungsfläche*

(OFG.1)

<b>Variable</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>P-Wert</b>
Konstante	-2,57259	0,04399	>0,00000
Distanz zu Wegen	0,00216	0,00028	>0,00000
Distanz zu Straßen	0,00012	0,00003	0,00049
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00024	0,00004	>0,00000
Distanz zu Waldrändern	-0,00012	0,00004	0,00447
Distanz zu Gehölzen	-0,00020	0,00006	0,00123
Distanz zu Ruderalflächen	0,00063	0,00011	>0,00000
Distanz zu Buntbrachen	-0,00022	0,00005	0,00004
Distanz zu Raps	-0,00063	0,00009	>0,00000
Distanz zu Wintergetreide	-0,00043	0,00006	>0,00000
unmittelbare Schlaggröße	0,01012	0,00356	0,00448

N = 7.921;  $r^2=0,9$

Die in Tabelle 20 dargestellten Ergebnisse basieren auf Informationen aller tatsächlich georteten Feldhasen in einer maximalen Entfernung von 350 m zum nächsten Festpunkt. Durch Reduktion der Maximaldistanz konnte der Einfluss des Beobachtungsfehlers auf ein nicht signifikantes Maß reduziert werden. Nach der durchgeführten Variablenselektion auf Basis des geringsten AIC erklärt dieses GLM mit Hilfe von zehn Variablen die Verteilung der Feldhasen. Während der Anpassung des Modells ist lediglich die Variable der Minimaldistanz zu Grünland ausgeschlossen worden. Alle Variablen sind in diesem Fall signifikant (für  $p < 0,05$ ), allerdings wird im ausgewählten Modell nur etwa 0,9 % der Varianz der vorhandenen Daten erklärt.

Neben Siedlungsbereichen und Straßen meiden Feldhasen Wege und Ruderalflächen. Raps und Wintergetreide werden während der nächtlichen Aktivität ebenso selektiert wie Gehölzstrukturen, Waldränder und Buntbrachen. Modell OFG.1 weist außerdem darauf hin, dass sich Feldhasen bevorzugt auf größeren Feldern aufhalten.

*Tabelle 21: Multivariate Modelle der nächtlichen Habitatnutzung für beide Beobachtungsjahre auf der gesamten Untersuchungsfläche*

(OFG.2 und 3)

Variable	Koeffizient	
	Sept. 04-Apr.05 (OFG.2)	Sept.05-Apr.06 (OFG.3)
Konstante	-2,56640 ***	-2,45102 ***
Distanz zu Wegen	0,00260 ***	0,00185 ***
Distanz zu Straßen	0,00010 *	0,00016 ***
Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00021 ***	0,00022 ***
Distanz zu Waldrändern	-0,00029 ***	-0,00013 *
Distanz zu Gehölzen		-0,00021 *
Distanz zu Ruderalflächen	0,00054 **	0,00085 ***
Distanz zu Buntbrachen	-0,00016	-0,00016 *
Distanz zu Grünland		-0,00028 **
Distanz zu Raps	-0,00063 ***	-0,00089 ***
Distanz zu Wintergetreide	-0,00027 ***	-0,00242 ***
unmittelbare Schlaggröße	0,00224	0,02011 ***
N = 3.404; $r^2=0,9$		N = 4.481; $r^2=1,4$

(Signifikanzniveau: \*\*\* für  $p<0,001$ ; \*\*für  $p<0,01$ ; \*für  $p<0,05$ )

Die Ergebnisse des GLMs für den ersten Beobachtungszeitraum vom September 2004 bis zum April 2005 beruhen auf maximalen Distanzen zwischen Festpunkt und tatsächlich georteten Feldhasen von 300 m. Das vorgestellte Modell OFG.2 erklärt 0,9 % der vorhandenen Varianz, das Modell für den Zeitraum September 2005 bis April 2006 erklärt 1,4 % der Varianz (OFG.3). Aufgrund der Reduzierung der Maximaldistanz zwischen Festpunkten und tatsächlich georteten Feldhasen fließen in das Modell des ersten Beobachtungszeitraumes etwas über 3.400 Ortungen ein. Das Modell für den zweiten Beobachtungszeitraum basiert auf Informationen aus fast 4.500 kartierten Feldhasenstandorten.

Bezüglich der Wirkrichtung der einzelnen Variablen unterscheiden sich beide Modelle nur wenig. Im Beobachtungszeitraum zwischen September 2005 und April 2006 wurden im Gegensatz zum Vorjahr Gehölze und Grünland von Feldhasen signifikant bevorzugt. Ähnlich den Ergebnissen des Gesamtmodells wurde in beiden Untersuchungszeiträumen Wintergetreide und Raps sowie Waldränder signifikant bevorzugt. Gemieden wurden hingegen Ruderalflächen sowie Straßen, Wege und Siedlungsbereiche.

## 4 Diskussion

### 4.1 Methodenkritik

#### 4.1.1 Einfluss der maximalen Erfassungsdistanz

In der vorliegenden Untersuchung wurden Feldhasen bis zu einer maximalen Entfernung von 500 m vom Festpunkt aus erfasst. Diese Maximaldistanz konnte allerdings aufgrund der landschaftlichen Gegebenheiten nur selten in den Untersuchungsgebieten eingesehen werden. Der in den Arbeitskarten definierte einsehbare Landschaftsbereich wurde an diesen Stellen entsprechend begrenzt. Gaben BOONSTRA et al. (1994) für junge Schneeschuhasen noch eine maximale Entdeckungswahrscheinlichkeit von 40 m mit einer zwischen 2 bis 5  $\mu\text{m}$  Wellenlänge erfassenden Infrarotkamera an, so verwenden KLAGES (2005) und STUHR (2003) als maximale Erfassungsreichweite der auch in der vorliegenden Studie verwendeten Wärmebildkamera ebenfalls 500 m. Bis zu Entfernungen zwischen 200 bis 350 m konnten Feldhasen anhand der Wärmebildkontur erkannt werden, darüber hinaus gab das typische Bewegungsmuster Aufschluss über die jeweils beobachtete Spezies. Eine Fehlerquelle bei der Erfassung von Feldhasen mittels Wärmebildkamera besteht auf größere Distanz bei der Unterscheidung von Feldhasen und liegenden Rehen (*Capreolus capreolus*) sowie bei Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*). Aufgrund ähnlicher Konturen ist es nahezu unmöglich, Kaninchen von Feldhasen mittels Wärmebildtechnik zu unterscheiden. Allerdings kam diese Art nur im Untersuchungsgebiet Opferbaum in lokal begrenztem Umfang vor. Rebhuhnketten wurden auf Entfernungen bis höchstens 100 m erkannt. Dies entspricht Ergebnissen gezielter Rebhuhnuntersuchungen mittels Wärmebildtechnik in Niedersachsen (TILLMANN 2006).

Die Ergebnisse zeigen, dass, zumindest im Untersuchungsgebiet Güntersleben, ein nicht signifikanter Zusammenhang der Feldhasenstandorte und dem nächst gelegenen Festpunkt erst bei einer Reduzierung der Maximaldistanz auf 300 m erreicht wird. Eine größer gewählte Maximaldistanz führt in diesem Fall stets zu einer signifikanten Bevorzugung der Festpunkte. Da aber die Festpunkte lediglich zum Zweck der Einsehbarkeit bestimmter Landschaftsteile ausgewählt wurden, ist eine faktische Bevorzugung dieser Punkte durch Feldhasen unrealistisch. Möglich sind hier jedoch die Unterschätzung der Distanz zum entdeckten Feldhasen und ein damit verbundener Kartierfehler. Für diese Vermutung spricht die Tatsache, dass bei einer Reduzierung der Maximaldistanz zwischen Festpunkt und beobachteten Feldhasen auf 300 m kein signifikanter Einfluss der Festpunkte auf die räumliche Verteilung der Feldhasen gegeben ist. Näher sitzende Feldhasen können genauer kartiert werden als weiter entfernt sitzende. Ein möglicher systematischer



Kartierfehler könnte im Untersuchungsgebiet Güntersleben mit der hier stark ausgeprägten Reliefenergie in Zusammenhang stehen. Obwohl während der Phase der Methodenentwicklung die einsehbaren Landschaftsteile, und damit auch Einschränkungen durch das Relief, mittels Entfernungsmesser exakt definiert wurden, können Bodenwellen im Wärmebild nur schwer erkannt und abgeschätzt werden und fördern somit die zu geringe Schätzung der Entfernung zum beobachteten Feldhasen. Da mit Hilfe der Wärmebildkamera Feldhasen auf Entfernungen kartiert wurden, die nicht zuverlässig mit Hilfe von Scheinwerfern ausgeleuchtet werden konnten, war eine Entfernungsmessung zwischen Festpunkt und Feldhasen-Standort leider nicht möglich.

Demgegenüber weisen die multivariaten Modelle für das Untersuchungsgebiet Opferbaum tendenziell eher eine Überschätzung der Distanz zum beobachteten Feldhasen aus. Dies könnte zwei Gründe haben. Zum einen könnte die Nutzung der Festpunkte während der Datenerhebung tatsächlich ein Fluchtverhalten der Feldhasen in der näheren Umgebung der Beobachtungsstellen auslösen. Allerdings bliebe fraglich, warum die signifikante Meidung der Festpunkte fast ausschließlich im Untersuchungsgebiet Opferbaum auftaucht. Wahrscheinlicher ist hingegen, dass die Entfernung zum beobachteten Feldhasen in der verhältnismäßig monotonen Ackerbau Landschaft des Untersuchungsgebietes Opferbaum in der Tendenz tatsächlich überschätzt wird. Die Distanz zu vergleichsweise nah beobachteten Feldhasen wird in dem großen Landschaftsausschnitt, der im Untersuchungsgebiet Opferbaum von den meisten Festpunkten aus mit der WBK abgesucht werden kann, eher größer eingeschätzt. Möglich Kartierfehler in besonders reliefreichen oder in besonders monotonen Landschaften sprechen dafür, die Maximaldistanz zwischen Festpunkten und Feldhasen bei zukünftigen Untersuchungen grundsätzlich auf 300 m zu reduzieren.

### **4.1.2 Eignung der entwickelten Methodik**

Wie bereits bei KLAGES (2004) und STUHR (2003) erwähnt, wurden auch innerhalb dieser Studie höhere mittlere Feldhasendichten mittels Wärmebildkamera ermittelt als durch die Scheinwerfertaaxation. Die mittels Scheinwerfern erfassten Feldhasenabundanzen wurden zwischen 30 bis 50 % geringer geschätzt als mittels der entwickelten Wärmebild-Methode (siehe Tabelle 5). Einen erheblichen Einfluss kann hierbei der Störungseffekt auf Feldhasen während der Erfassung mit Scheinwerfern haben. STUHR (2003) konnte beispielsweise nachweisen, dass 90 % aller Feldhasen, die sich in Entfernungen bis zu 50 m am zur Taxation befahren Weg aufhielten, diesen Bereich nach der Taxation verlassen hatten. Fast jeder vierte aller von ihm mit dem Scheinwerfer erfassten Feldhasen befand sich zum Zeitpunkt der Erfassung in einer dem Pkw direkt entgegen gesetzten Bewegungsrichtung. Mit der im

Rahmen dieser Studie entwickelten Kartiermethode konnten Fluchtdistanzen der Feldhasen von unter 30 m beobachtet werden. Ausnahme waren mondhelle Schneenächte, in denen, wie bereits von SPÄTH (1989) mittels Scheinwerfertextation beobachtet, die Fluchtdistanz weit höher lag. Trotzdem ist festzustellen, dass der Einfluss der Kartiermethode mittels Wärmebildkamera das Verhalten der Feldhasen weniger stark beeinflusst als die Scheinwerfertextation. Folgt man FOCARDI et al. (2001), so kann mit Hilfe der Wärmebildtechnik der Einfluss der Untersuchungsmethode auf das Kartielergebnis nicht nur bei Untersuchungen von Feldhasen reduziert werden.

Insgesamt kann die vorgestellte Methode zur nächtlichen räumlich expliziten Kartierung von Feldhasen als geeignet und vergleichsweise effektiv bezeichnet werden. Die abgesuchte Fläche zwischen 360 bis 450 ha konnte mit einem Zeitaufwand von maximal drei Stunden kartiert werden. Der Aufwand zur Vorbereitung der Erfassung der Feldhasen mittels Wärmebildkamera darf jedoch nicht unterschätzt werden. Um den konkreten Raumbezug und damit auch die Größe der abgesuchten Fläche definieren zu können, ist die Kenntnis der von den Festpunkten einsehbaren Landschaftsteile unabdingbar. Dazu bedarf es eines flächenscharfen GIS. In detaillierte Arbeitskarten mit einem Maßstab von maximal 1:12.000 müssen schließlich die möglichst mit Laser eingemessenen einsehbaren Landschaftsteile übertragen werden. Zur Kartierung von Landmarken für eine bessere Orientierung in der Landschaft können heute frei verfügbare Luftbilder aus dem Internet verwendet werden. Abschließend ist zur Vorbereitung eines jeden Kartiertermines ein Befahren des Untersuchungsgebietes notwendig, um die aktuelle landwirtschaftliche Struktur und die nicht einsehbaren Bereiche des Gebietes zu dokumentieren. Erst durch diese Arbeitsschritte wird gewährleistet, dass für Feldhasen im einsehbaren Landschaftsbereich die gleiche Entdeckungswahrscheinlichkeit von 100 % existiert. Nur auf diese Weise kann davon ausgegangen werden, dass die zufällige Punktverteilung als Referenz zu den Feldhasenstandorten genau in dem Landschaftsraum generiert wird, der mittels Wärmebildkamera einsehbar ist.

Ein großer Vorteil der Erfassung von Festpunkten aus ist, dass im Gegensatz zur Taxation aus dem fahrenden Fahrzeug der Umfang der beobachteten Landschaft besser beschrieben bzw. seine Größe genauer berechnet werden kann. Letzteres ist vor allem für Abundanzberechnungen von Feldhasen wichtig. Bei der klassischen Scheinwerfertextation aus dem fahrenden Pkw wird die mögliche Leuchtweite der Scheinwerfer häufig durch Vegetation und Geländeunebenheiten eingeschränkt. Um genaue Kenntnis über die ausgeleuchtete Flächengröße zu bekommen, müssten diese Sichteinschränkungen kartiert und kartographisch

aufbereitet werden. Erst dieser Schritt erlaubt schließlich eine genaue Dichteberechnung. Wie in der vorliegenden Studie geschehen, ist die Beschreibung der von Beobachtungspunkten aus einsehbaren Landschaftsteile mit Hilfe eines Entfernungsmessers und der Orientierung an Landmarken sehr gut möglich.

Es bleibt festzuhalten, dass die mittels WBK erfasste Anzahl tatsächlicher Feldhasenstandorte und der geringe Störeffekt der Kartiermethode nicht mit Hilfe von Scheinwerfertextationen hätten erreicht werden können. Die Wärmebildtechnik bietet somit die Möglichkeit, eine nahezu vollständige Erfassung von Wildtieren im Offenland mit minimalem Störungseffekt durchzuführen. Allerdings dürfte der derzeit hohe Anschaffungspreis einer geeigneten Wärmebildkamera die flächenhafte Anwendung der Methode erheblich einschränken.

## 4.2 Habitatnutzung von Feldhasen

### 4.2.1 Nutzung einzelner Strukturelemente

Die Diskussion der beobachteten Zusammenhänge zwischen dem Auftreten einzelner Strukturelemente der Landschaft und der nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen soll zunächst anhand der Ergebnisse der univariaten Analyse stattfinden. Dabei werden zunächst die Ergebnisse der gesamten Untersuchungsfläche betrachtet und anhand der vorhandenen Literatur diskutiert. Mit dieser Diskussion wird die allgemeine Bedeutung der einzelnen Strukturelemente der Landschaft für die Habitatnutzung durch Feldhasen deutlich. In einem zweiten Schritt werden anschließend die Ergebnisse aus den einzelnen Untersuchungsgebieten diskutiert. Dies soll der möglichen Bedeutung unterschiedlicher Habitate auf die spezielle Habitatnutzung von Feldhasen Rechnung tragen.

Da einige Strukturelemente der Landschaft nicht in allen drei Untersuchungsgebieten berücksichtigt werden konnten, entfallen diese bei der univariaten Betrachtung für das gesamte Untersuchungsgebiet. Hingegen werden Strukturelemente, die nur in zeitlich begrenztem Umfang, also in Abhängigkeit des jeweiligen Erhebungsmonats, aufgenommen werden konnten, bei der univariaten Betrachtung für die gesamte Untersuchungsfläche berücksichtigt.

Tabelle 7 gibt die Ergebnisse der mittels univariater Analyse festgestellten Wirkrichtung von Strukturelementen der Landschaft auf die nächtliche Verteilung von Feldhasen wieder. Dabei wird deutlich, dass auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes die von Menschen ständig frequentierten Strukturen wie **Wege, Straßen und Siedlungsbereiche** signifikant gemieden werden. PFISTER et al. (2002)

ermittelten bereits eine negative Korrelation von Siedlungen und Einzelhöfen sowie von Lärm auf geeignete Feldhasenlebensräume. PIELOWSKI (1966) fand auf Feldern in Dorfnähe eine deutlich geringere Feldhasendichte als für das ganze Untersuchungsgebiet. Er schloss hieraus auf eine aktive Meidung dorfnaher Felder durch Feldhasen. Somit stimmen die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchung zur Meidung von Siedlungs- und Verkehrsbereichen durch Feldhasen weitestgehend mit denen früherer Studien hinsichtlich der Sassenpräferenz überein. Dabei ist fraglich, ob die von PFISTER *et al.* (2002) beschriebene Meidung von Lärm die eigentliche Hauptursache der Meidung solcher Strukturen ist. Zumindest für Siedlungsbereiche kann auch Feindvermeidungsverhalten als Erklärung dienen. Aufgrund von Erfahrungen meiden in diesem Fall Feldhasen jene Bereiche, in denen sie häufig direkten Kontakt mit Menschen bzw. Haustieren erlebt haben (PIELOWSKI 1976). KÖHLER (2008) diskutiert allerdings im Gegenteil das Vorkommen von Feldhasen in der Berlin im Zusammenhang mit der besonderen Anpassungsfähigkeit von Feldhasen. Dieses Beispiel zeigt, dass Feldhasen durchaus unterschiedlichste Habitate besiedeln. Entscheidend für die jeweilige Habitatnutzung ist offensichtlich das gewohnte Habitat, in dem Habitatelemente jeweils unterschiedlich genutzt werden. Dies führt auch dazu, dass bestimmte Habitatelemente in einem Habitat bevorzugt, in einem anderen Habitat aber gemieden werden können.

Bezüglich der Meidung von Straßen könnte der Einfluss des Lärmes eine tatsächliche Ursache sein. ROEDENBECK & VOSER (2007) zeigten, dass Feldhasen die Nähe von Straßen mieden und die Dichte von Autobahnen und Straßen außerdem einen negativen Einfluss auf die Feldhasendichte hat. Die Beunruhigung straßennaher Bereiche durch vorbeifahrende Pkws bzw. deren Scheinwerfer ist ein denkbarer Grund für die Meidung dieser Strukturen (LEGIT 2008). Bemerkenswert scheint in diesem Zusammenhang die Arbeit von RAJALA (1983), der eine Methode zur Bestimmung von Populationsdichten des Schneehasen entwickelte, die auf der Zählung von sich direkt auf Straßen befindlichen Tieren basiert. Er bemerkt dazu, die Tatsache, dass sich die Schneehasen nachts einzeln oder gruppenweise auf der Straße aufhalten, sei ein typisch nordisches Phänomen. ROEDENBECK & VOSER (2007) bemerken dazu, dass Feldhasen Wege im Gegensatz zu Straßen aufgrund der vorhandenen Randvegetation bevorzugen.

Im Gegensatz zu den urbanen Strukturen bevorzugten Feldhasen auf der gesamten Untersuchungsfläche die Nähe zu **Waldrand**. Dabei wird deren Bedeutung in der Literatur differenziert betrachtet. Schon ZÖRNER (1975) und MATUSZEWSKI (1981) beschreiben jahreszeitliche Bewegungen des Feldhasen zwischen Wald- und Feldhabitaten. BRESINSKI

(1983) findet dazu bei Zähltreiben im Wald fünf Mal mehr Feldhasen als auf vergleichbaren Feldflächen am Waldrand. PÉPIN (1986) beschreibt eine deutliche Meidung von walddnahen Feldern bei der Wahl der Sassenhabitats. PEGEL (1986) hingegen bemerkt, dass Feldhasen nachts den Wald verlassen um die angrenzenden Felder zur Nahrungsaufnahme zu nutzen. ROEDENBECK & VOSER (2007) finden bei einer ähnlichen wie der vorliegenden Untersuchung eine signifikante Bevorzugung von Waldrandbereichen während der Nacht. SPÄTH (1989) beurteilt Wald als eine im Winter bevorzugte Deckungsstruktur des Feldhasen.

Die Beobachtungen von PÉPIN (1986) und BRESINSKI (1983) sprechen dafür, dass sich Feldhasen anstatt in Waldrandnähe bevorzugt ihre Sasse im nahe gelegenen Wald suchen. Zur Aktivitätsphase verlassen die Tiere den als Deckungs- und Tageshabitat bevorzugten Wald. Die Ergebnisse bestätigen den während der jährlichen Treibjagden gewonnenen subjektiven Eindruck, dass deutlich mehr Feldhasen ihre Sassen innerhalb als außerhalb von Waldbeständen wählen. Widersprüchlich hierzu scheinen auf den ersten Blick die Ergebnisse von RÜHE *et al.* (2004) bzw. von PANEK & KAMINIARZ (1999), die einen negativen Einfluss von Waldrandlängen auf den mittels Scheinwerfertextation festgestellten jährlichen Zuwachs der Feldhasen bzw. ihrer Jagdstrecke beobachteten. Allerdings wurden in diesen Studien die von der Populationsdichte abhängigen Größen des Zuwachses bzw. der Jagdstrecke mit dem Auftreten bestimmter Strukturelemente der Landschaft, in diesem Fall Waldrändern, korreliert. Dabei bleibt allerdings die Habitatnutzung auf der Individuenebene unberücksichtigt.

Die nächtliche Bevorzugung von möglichen Deckungsstrukturen wie Wald kann in einem direkten Zusammenhang mit dem Tagesaufenthalt der Feldhasen diskutiert werden. RÜHE & HOHMANN (2004) ermittelten eine mittlere Distanz von 226 m zwischen den Tages- und Nachtortungen der von ihnen telemetrierten Feldhasen im Leinetal, REITZ & LEONARD (1994) zwischen 300 und 400 m im intensiv landwirtschaftlich genutzten Pariser Becken. Beides weist darauf hin, dass, je nach Nahrungsverfügbarkeit, Feldhasen zur Nahrungsaufnahme vergleichsweise kurze Distanzen zurücklegen. Zwar variiert die in der Literatur angegebene Größe des Aktionsradius von Feldhasen zwischen 21 und 190 ha erheblich (vgl. BROEKHUIZEN & MAASKAMP 1982, KOVACS & BUZA 1992, MARBOUTIN & AEBISCHER 1996, RÜHE & HOHMANN 2004, SPÄTH 1989, STOTT 2003), allerdings sind diese Ergebnisse in sehr unterschiedlichen Landschaften ermittelt worden. Zudem wird ein Aktionsradius, im Gegensatz zum nächtlichen Aktionsraum zur Nahrungsaufnahme, zumeist über einen Zeitraum von mindestens zwei Monaten ermittelt.

Die Bevorzugung der Waldränder lässt sich neben der Nähe zum Sassenhabitat auch aufgrund des hier vorhandenen Windschutzes erklären. Mehrere Autoren weisen darauf hin, dass Wind eine einflussreiche Rolle beim Raumverhalten von Feldhasen spielen kann (HOMOLKA *et al.* 1988, PÉPIN 1986, JEZIERSKI 1973). Windgeschützte Lagen werden demnach von Feldhasen besonders bevorzugt. Der Komplex aus potentielltem Nahrungshabitat, der Nähe zum Sassenhabitat und dem unter Umständen vorhandenen Windschutz machen Waldränder zu besonders bevorzugten Aufenthaltsorten für Feldhasen während der Nacht. Einzig aus Gründen der Feindvermeidung wäre es für Feldhasen sinnvoll, Waldrandstrukturen zu meiden.

Ähnlich wie bei den Waldrändern kann auch betreffs der **Gehölzstrukturen** argumentiert werden. TOTTEWITZ (1993) beobachtete bereits eine erhöhte Frequentierung von Gehölzstreifen vor allem während der Monate Dezember bis Februar, PRIGIONI & PELIZZA (1992) fanden bei Zähltreiben im Frühjahr ebenso eine Präferenz der Feldhasen für Gehölze wie ZACCARONI *et al.* (2009) bei telemetrischen Untersuchungen während des Tages. Allerdings kann in der hier vorgestellten Untersuchung auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes keine signifikante Bevorzugung von Gehölzen durch Feldhasen nachgewiesen werden. ROEDENBECK & VOSER (2007) fanden bei ihrer univariaten Habitatanalyse für etwa 2.500 Feldhasenstandorte im gesamten Kanton Aargau eine Meidung von Hecken. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten mit den stark unterschiedlich ausgeprägten Landschaftselementen innerhalb der untersuchten Gebiete zusammen hängen. Denkbar ist, dass Gehölze vor allem in wenig strukturierten Landschaften von Feldhasen präferiert werden, wohingegen sie in Landschaften mit hohem Strukturreichtum und Grenzliniendichte weniger häufig als Sassen- oder Nahrungshabitat genutzt werden. Im vorliegenden Fall würde dies die Bevorzugung in den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum und die geringe Bedeutung im Untersuchungsgebiet Güntersleben erklären.

**Buntbrachen** wurden auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes signifikant präferiert. Ein möglicher Einfluss von Brachen und hierbei speziell der Buntbrachen auf das Verhalten und die Abundanz von Feldhasen ist innerhalb der letzten zehn Jahre verstärkt in den Fokus wildbiologischer Forschung getreten. BAUMANN (2003) verweist auf die Präferenz von Buntbrachen als Sassenhabitat, SMITH *et al.* (2004) und SPÄTH (1989) fanden bei ihren Telemetrieuntersuchungen ebenfalls eine Selektion von Buntbrachen als Deckungshabitat. Verschiedene Autoren fordern daher die Förderung von Brachen in der Kulturlandschaft, um Deckungsmöglichkeiten für Feldhasen zu schaffen (JENNINGS *et al.* 2006, SMITH *et al.* 2005a, HACKLÄNDER *et al.* 2005, HACKLÄNDER 2006, PANEK & KAMINIARZ 1999, AHRENS &

KOTTWITZ 1997, VAUGHAN et al. 2003, MACDONALD et al. 2007). REICHLIN et al. (2006) sehen die Bevorzugung von Brachen durch den Feldhasen im vielfältigem Nahrungsangebot dieser Strukturen. Bei der univariaten Analyse von ROEDENBECK & VOSER (2007) spielen Buntbrachen keine signifikante Rolle für das nächtliche Habitatverhalten von Feldhasen. Allerdings weist bei ihnen die mittlere Entfernung der beobachteten Feldhasen zur nächst gelegenen Buntbrache von über 850 m darauf hin, dass es nur sehr wenige Buntbrachen in den beobachteten Landschaften gab. Ihr Einfluss auf das Habitatverhalten der Gesamtpopulation in den beobachteten Landschaften war somit vergleichsweise gering.

Die in den Untersuchungsgebieten des Projektes „Lebensraum Brache“ benutzten Buntbrachemischungen sollten sowohl Deckung vor allem im Winterhalbjahr als auch Äsung bieten. Das Ergebnis, dass Feldhasen während der Untersuchungsmonate von September bis April die Nähe von Buntbrachen nachts signifikant bevorzugten, weist darauf hin, dass die Tiere diese Strukturen als Tages- und Sassenhabitat nutzten. Ähnlich wie die Beobachtungen von PÉPIN (1986) und BRESINSKI (1983) bezüglich des Waldes bevorzugten Feldhasen Buntbrachen als Sassenhabitat und nicht deren Umgebung. . Zur Aktivitätsphase verlassen die Tiere dann das Deckungs- und Tageshabitat und beginnen in ihrer unmittelbaren Umgebung mit der Nahrungsaufnahme. Auch MERIGGI & VERRI (1990) beschreiben eine Separierung von Nahrungshabitat und Tageshabitat. ZACCARONI et al. (2009) beobachteten in diesem Zusammenhang eine deutliche Präferenz von Brachen gegenüber Wintergetreide am Tag aber eine Meidung gegenüber Wintergetreide während der Aktivitätsphase bei Nacht. Dies deutet ebenfalls darauf hin, dass Brachen als direktes Tageshabitat, Wintergetreidefelder aber als Nahrungshabitat genutzt wurden. Auch wenn die Nutzung von präferierten Strukturen als Tageshabitat mit Hilfe dieser Untersuchung nicht zweifelsfrei belegt werden kann, weisen alle Beobachtungen auf einen direkten Zusammenhang zwischen Tages- und Nachtaufenthalt der Feldhasen hin.

Beobachtungen während der vegetationskundlichen Untersuchungen im Projekt „Lebensraum Brache“ zeigten, dass Feldhasen verschiedene Arten vor allem der Wildkrautflora gezielt verbeißen. Zu diesen Arten zählten u.a. der Fenchel (*Foeniculum vulgare*) oder der Kleine Wiesenknopf (*Sabguisorba minor*) (LWG mdl. Mitteilung). Insofern bestätigen diese Beobachtungen Ergebnisse verschiedener Studien, die eine Präferenz von Kräutern und Gräsern bei der Nahrungswahl des Feldhasen nachgewiesen haben (BRÜLL 1976, KAMMERER 1981, FRYLESTAM 1986, TAPPER & BARNES 1986, SPÄTH 1989, CHAPUIS 1990). SPITTLER (1992) vermutet im Verlust von Kräutern in der Agrarlandschaft gar eine der Hauptursachen des Bestandesrückgangs der Feldhasen. Allerdings konnten erst REICHLIN et

*al.* (2006) eine statistisch abgesicherte Präferenz von Kräutern nachweisen, da sie erstmals den Grad der Nutzung der jeweiligen Verfügbarkeit der Krautarten gegenüberstellten. Danach wurden Kräuter nur im Frühjahr und Sommer von Feldhasen bevorzugt. Fraglich bleibt in dem Zusammenhang, inwieweit die Nahrungsqualität tatsächlich Einfluss auf die Fitness bzw. den Reproduktionserfolg bei Feldhasen hat. SMITH *et al.* (2005b) zeigen, dass Individuen aus Gebieten mit qualitativ hochwertigerem Nahrungsangebot keine besseren Konditionswerte aufwiesen als Feldhasen aus vergleichbar schlechteren Nahrungshabitaten.

Feldhasen bevorzugten während der Nacht die Nähe zu **Raps** hochsignifikant. Im Gegensatz zu den Buntbrachen wurden hier die Null-Distanzen berücksichtigt, dass heißt es konnten auch Feldhasen erfasst werden, die sich direkt auf dieser Kultur befanden. Dies verdeutlicht, dass Raps neben Kräutern und Gräsern ebenfalls eine bevorzugte Nahrungspflanze für Feldhasen während des Winterhalbjahres ist. Tatsächlich weisen mehrere Autoren auf eine Bevorzugung von Raps bzw. auf einen hohen Anteil der Pflanze an der von Feldhasen aufgenommenen Nahrung hin (AHRENS 1990 & 1996, BRÜLL 1976). FRYLESTAM (1986) bemerkt, dass in strukturreichen landwirtschaftlichen Gebieten deutlich weniger Raps in den Mägen von Feldhasen gefunden wurde als in monotonen Ackerbaugebieten. Er vermutet außerdem eine Meidung der Pflanze im Spätherbst aufgrund des Verlustes an Glukose etwa einen Monat nach dem Auflaufen. In einer späteren Arbeit berichtet FRYLESTAM (1992) über eine Präferenz von Raps lediglich in den Monaten September und Oktober. LEWANDOWSKI & NOWAKOWSKI (1993) schließlich bewerten Raps als eine von Feldhasen gänzlich gemiedene Kultur, allerdings untersuchten sie mittels Linien-Taxation die Wahl der Sassenhabitate von Feldhasen und nicht deren nächtliche Habitatwahl.

Auch **Wintergetreideschläge** haben Feldhasen auf der gesamten Untersuchungsfläche signifikant bevorzugt. Da auch in diesem Fall die Null-Distanz berücksichtigt wurde, ist anzunehmen, dass Wintergetreidearten als Nahrungspflanze präferiert worden sind. Unterschiedliche Autoren weisen dabei auf die Bedeutung von Weizen und ähnlichen Getreidearten bei der Feldhasendiät hin (AHRENS 1990, BRÜLL 1976, FEEMERS 1998, PFISTER *et al.* 2002, PRIGIONI & PELIZZA 1992, HACKLÄNDER 2006, ZACCARONI *et al.* 2009). FRYLESTAM (1986) verweist auch bezüglich der Wintergetreidearten auf Unterschiede in Nutzungsfrequenzen zwischen Gebieten verschiedener landwirtschaftlicher Nutzung. In monotonen Ackerbaugebieten wird Weizen im Verhältnis zu seiner Verfügbarkeit sehr viel stärker genutzt als in strukturreicheren Landschaften oder in Grünlandgebieten.



**Stoppeläcker** sind in den Untersuchungsgebieten nur in einem begrenzten Zeitraum im Winterhalbjahr vorhanden. Im Kontext der gesamten Untersuchungsfläche wurden sie signifikant von Feldhasen während der Nacht bevorzugt. Dies verwundert vor dem Hintergrund, dass auf den nach der Getreideernte frisch entstandenen Stoppelfeldern zunächst keine Nahrung für Feldhasen verfügbar ist. Tatsächlich beobachteten MARBOUTIN & PEROUX (1999) Feldhasen-Gruppen während der Nacht häufiger auf Grünland als auf Stoppelfeldern. PRIGIONI & PELIZZA (1992) ermittelten dagegen bei ihren Scheinwerfer-Untersuchungen im Frühling eine deutliche Präferenz der Tiere für Gerste- und Weizenstoppen, bei Streifentaxationen während des Tages stellten sie wiederum eine deutliche Meidung dieser Strukturen bei der Wahl der Sassenhabitate fest. In dem Zusammenhang ist denkbar, dass Stoppelfelder nach dem Auflaufen des bei der Ernte angefallenen Ausfallgetreides ein potentiell Nahrungshabitat während der Nacht darstellen. Vor diesem Hintergrund ist plausibel, warum TAPPER (2000) die Förderung von Stoppeläckern zur Hebung von Feldhasenbesätzen vorschlägt.

Sowohl Sommergetreideschläge als auch Schläge, deren **Vornutzung aus Zuckerrüben** bestand, wurden von den Feldhasen signifikant gemieden. Dies Ergebnis wurde nicht erwartet, da sowohl die im Frühjahr auflaufende Sommergetreidesaat als auch die auf den abgeernteten Zuckerrübenfeldern verbliebenen Erntereste eine bevorzugte Wirkung auf das nächtliche Habitatverhalten von Feldhasen vermuten lassen. So ermittelte FRYLESTAM (1992) eine Bevorzugung von Zuckerrübenfeldern als Nahrungshabitat. Tatsächlich fiel während mehrerer Erfassungstermine in den Monaten September und Oktober das aggregierte Vorkommen von Feldhasen auf Äckern, deren unmittelbare Vornutzung aus Zuckerrüben bestand, auf. Ferner wiesen Sichtbeobachtungen und Fraßspuren sogar auf eine intensive Nutzung der zwischengelagerten Zuckerrüben am Ackerrand hin. Die signifikante Meidung der geernteten Zuckerrübenfelder könnte auf methodischen Fehlern während der Datenerhebung beruhen. Grundsätzlich wurde jeder Acker, dessen Flächennutzung bis zur Ernte aus einer Zuckerrübenkultur bestand, in diese Kategorie einbezogen. Die Minimaldistanz georteter Feldhasen und zufälliger Punkte zum nächst gelegenen Schlag dieses Nutzungstyps wurde bis einschließlich Dezember berechnet. Da jedoch einige Schläge direkt nach der Ernte umgebrochen und neu bestellt, andere hingegen auf Erntereste abgesucht wurden, bestanden bezüglich der Verfügbarkeit von Nahrung für den Feldhasen auf den ehemaligen Zuckerrübenfelder große Unterschiede. Es ist anzunehmen, dass dies der Grund für den Unterschied zwischen dem beobachteten statistischen Zusammenhang und der erwarteten Präferenz dieser Strukturelemente ist. Das unerwartete Ergebnis spricht dafür,

pauschale Zuweisungen von Flächennutzungstypen aufgrund der Art der Vor- oder Nachnutzung zu unterlassen. Stets sollte die zum Zeitpunkt der Datenerhebung vorhandene Kultur möglichst genau kartiert werden.

Ähnliche methodische Aspekte könnten das Ergebnis bezüglich der univariaten Wirkung der **Sommergetreideschläge** beeinflusst haben. Die Minimaldistanzen der Präsenz- und Pseudo-Absenz-Punkte zu diesen Kulturen wurden nur während des Aprils, also zum Zeitpunkt des Auflaufens der Sommergetreidesaat berechnet. Grundsätzlich wurde hierbei jeder Schlag berücksichtigt, der im Sommer, zum Zeitpunkt der detaillierten Flächennutzungskartierung, mit einer Sommergetreidefrucht bestellt war. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass einige dieser Schläge im April noch nicht vollständig aufgelaufen waren. In dem Fall eigneten sich die vegetationslosen, frisch bestellten Äcker weder als Nahrungs- noch als Sassenhabitat. Denkbar ist jedoch auch, dass auflaufende Sommergetreidefelder gegenüber den im Frühjahr ebenfalls weiterwachsenden Wintergetreidefeldern gemieden werden. Da beide Kulturformen zu diesem Zeitpunkt frisch ausgetriebene Vegetation bereitstellen, könnten die höheren Strukturen des Wintergetreides den Feldhasen im Frühjahr besseren Schutz bieten. Auch die bereits beschriebene Bevorzugung von Stoppelfeldern könnte im Zusammenhang mit einer möglichen Schutzfunktion der erhöhten Strukturen stehen. Allerdings wurden geeggte oder frisch bestellte, also „schwarze“ Ackerschläge, nicht als mögliche Variablen in den Habitatmodellen berücksichtigt. Es ist jedoch anzunehmen, dass diese Strukturen aufgrund fehlender Nahrungs- und Deckungsmöglichkeit, wie bei PÉPIN & ANGIBAUT (2007) beschrieben, grundsätzlich gemieden werden.

Ungeerntete **Zuckerrübenfelder** wurden von den beobachteten Feldhasen signifikant gemieden. RÜHE (1999) dagegen spricht von einer Bevorzugung dieses Strukturelementes der Landschaft. Allerdings basieren seine Beobachtungen im Gegensatz zu der hier vorgestellten Studie auf den Ergebnissen von Telemetrie, die auch den Tagesaufenthalt der Feldhasen berücksichtigt. REITZ & LEONARD (1994) fanden, dass Feldhasen oft die Zuckerrübenfelder als Tages- und Nachthabitat nutzten. Diese Nutzung als Nahrungs- und Deckungshabitat führt wiederum dazu, dass Feldhasen die Strukturen nicht zur Nahrungsaufnahme verlassen müssen. Da die Entdeckungswahrscheinlichkeit von Feldhasen in Zuckerrübenfelder mit Hilfe der Wärmebildkamera nicht zu 100 % gegeben ist, Null-Distanzen also ausgeschlossen sind, wurden Feldhasen, die auch die Nacht in Zuckerrübenfeldern verbrachten, nicht erfasst. Dieser Zusammenhang könnte ein Grund für die signifikante Meidung der dieses Landschaftselementes sein.

**Grünland**, als ein mit zum Teil erheblichen Anteilen vertretenes Strukturelement der Landschaft, zeigt auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes keinen signifikanten Zusammenhang mit der nächtlichen Verteilung der Feldhasen. Eine Unterscheidung zwischen Viehweiden und Wiesen wurde dabei vernachlässigt, da während der Untersuchungsmonate im Winterhalbjahr das Vieh bereits aus dem Offenland abgetrieben war. Trotzdem bleibt fraglich, ob die nicht berücksichtigte Diversität des Grünlandes Einfluss auf das Gesamtergebnis ausgeübt hat. So geben verschiedene Autoren eine beobachtete Meidung von mit Vieh bestellten Weiden durch Feldhasen an (BARNES *et al.* 1983, LUNDSTRÖM-GILLIÉRON & SCHLAEPFER 2003), auf der anderen Seite aber wird Grünland als ein im Frühjahr bevorzugtes Nahrungshabitat dargestellt (AHRENS 1990, PRIGIONI & PELIZZA 1992). SMITH *et al.* (2005b) beobachteten eine Selektion von Grünland im Frühjahr. Tatsächlich weist das Ergebnis der univariaten Analyse aus den Untersuchungsgebieten (Tabelle 7) ja auch auf die bevorzugte Bedeutung in Fritzlar und Opferbaum hin. Die Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes und des ganzen Untersuchungszeitraumes ist in der vorliegenden Studie zu grob, um einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Grünland und der nächtlichen Habitatwahl des Feldhasen zu erkennen.

Ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit der Habitatnutzung zeigen auf der gesamten Untersuchungsfläche **gepflügte Ackerschläge**. Dies verwundert vor dem Hintergrund, dass diese Strukturen häufig als bevorzugte Sassenhabitate der Feldhasen in der Literatur genannt werden (BAUMANN 2003, PÉPIN & ANGIBULT 2007, PRIGIONI & PELIZZA 1992). Allerdings fällt auf, dass die drei genannten Studien in ausgesprochen landwirtschaftlich geprägten Gebieten durchgeführt wurden. Es ist wahrscheinlich, dass Feldhasen gerade in solchen intensiven Agrargebieten gepflügte Äcker als einzige sich bietende Deckungsstruktur als Tageshabitat nutzen. Dies ist auch im Untersuchungsgebiet Opferbaum der Fall. In Gebieten mit alternativen Deckungsstrukturen ist diese deutliche Präferenz dann nicht mehr vorhanden. Da sich die Untersuchungsgebiete im Projekt „Lebensraum Brache“ erheblich im Bezug auf die Verfügbarkeit von Deckungsstrukturen unterscheiden, kann auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes eine mögliche regionale Präferenz für solche Strukturen unbedeutend sein.

Eine gesonderte Rolle im Rahmen dieser Untersuchung stellen Ackerschläge mit **Zwischenfrüchten** dar. Zum einen verändert sich ihre Struktur im Laufe des Winterhalbjahres zum Teil erheblich, zum anderen wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen dieser Struktur und der nächtlichen Habitatwahl von Feldhasen nur in den Untersuchungsgebieten Güntersleben und Opferbaum untersucht. In Fritzlar wurde nur ein

sehr geringer Anteil des Offenlandes zum Zwischenfruchtanbau genutzt. Die statistische Analyse der räumlichen Verteilung der Feldhasen und des Auftretens von Zwischenfrüchten in den Untersuchungsgebieten Güntersleben und Opferbaum zeigt eine signifikante Meidung dieser Ackernutzungsform. Obwohl Untersuchungen zur Eignung von Zwischenfrüchten als Feldhasenhabitat nicht bekannt sind, wäre eine positive Wirkung auf die Art anzunehmen. Zwischenfrüchte bieten ebenso wie Buntbrachen Deckung vor allem im Herbst. Verschiedene Autoren wiederum weisen auf die Notwendigkeit von Deckungsstrukturen im Feldhasenhabitat hin (VAUGHAN *et al.* 2003, SPÄTH 1989). Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchung weisen jedoch auf eine aktive Meidung dieses Strukturelementes hin. Hierfür sind zwei Gründe denkbar. Die hohe vertikale Struktur der Zwischenfruchtschläge, die zu fast 100 % aus Senf als Gründünger bestanden, fällt nach den ersten starken Nachtfrösten und vollends bei Schneelage auf eine nur noch wenige Zentimeter hohe Struktur zusammen. Diese ist nur bedingt geeignet, um den Feldhasen ihre bevorzugte Deckungsstruktur anzubieten. Die Datenerhebungen fanden jedoch im Winterhalbjahr statt und es wurde kein Unterschied zwischen dem Erscheinungsbild der Zwischenfruchtschläge gemacht. Es ist denkbar, dass der während des Winterhalbjahres unterschiedliche Charakter der Zwischenfruchtschläge die Habitatwahl des Feldhasen stark beeinflusst. Dies würde zumindest eine signifikante Meidung von Zwischenfrüchten nach dem Zusammenfall der Deckungsstruktur erklären. Allerdings ist auch eine tatsächliche Meidung von Senfschlägen vor den ersten Frostereignissen vorstellbar. Zwischenfruchtschläge werden häufig, da sie der Gründüngung der Ackerschläge dienen sollen, in hohen Saatchichten ausgebracht. RÜHE (1999) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der sogenannte Raumwiderstand des Habitats seine Biotopkapazität begrenzen kann. Demnach werden Strukturen, deren Überwindung bzw. Durchquerung zuviel Energie verlangt, gemieden. Dies könnte im Fall von sehr dichten, noch nicht zusammengefallenen Zwischenfruchtkulturen tatsächlich zur Meidung durch Feldhasen führen.

Eine dritte mögliche Erklärung ist die fehlende 100 %ige Einsehbarkeit des Strukturelementes mit der Wärmebildkamera. Sollten sich Feldhasen, ebenso wie von REITZ & LEONARD (1994) in Zuckerrübenfeldern beobachtet, während des Tages und der Nacht bevorzugt in den Zwischenfruchtschlägen aufhalten, so könnte während der Nacht keine Bevorzugung der Nähe zu diesen Strukturen beobachtet werden. Eine Klärung dieser Frage wäre mit Hilfe von Telemetrie möglich.

Da auf den beobachteten statistischen Zusammenhang zwischen der räumlichen Verteilung der Feldhasen und den gewählten Festpunkten bereits innerhalb der

Methodenkritik Bezug genommen wurde, soll hier abschließend auf die unmittelbare **Schlaggröße** als möglichen, das Habitatverhalten von Feldhasen beeinflussenden Faktor eingegangen werden. Die Form der Ackerschläge blieb hierbei unberücksichtigt. Dabei ist durchaus fraglich, ob schmale Ackerschläge das nächtliche Habitatverhalten von Feldhasen ähnlich beeinflussen wie nahezu quadratische. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Frage, ob sich die Nutzung der Randbereiche und der Zentren der jeweiligen Kulturen unterscheiden. Allerdings wurde im Zuge der Flurbereinigung in allen drei Untersuchungsgebieten der überwiegende Anteil aller Ackerschläge zu relativ gleichförmigen, effektiv bewirtschaftbaren Flächen zusammengelegt.

Auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebietes wurden größere Ackerschläge signifikant häufiger während der Nacht von den Tieren aufgesucht als kleinere. VAUGHAN *et al.* (2003) vermuten, dass größere Felder eine bessere Übersicht und somit eine effektivere Feindvermeidung ermöglichen. Da die Schläge mit einer durchschnittlichen Größe zwischen 1,8 bis 2,7 ha in den Untersuchungsgebieten eher klein parzelliert sind, ist denkbar, dass Feldhasen zur Befriedigung des Sicherheitsbedürfnisses die größeren Flächen bevorzugten. Die mögliche Wirkung der Schlaggröße auf die jeweilige Feldhasenabundanz bleibt hierbei unberücksichtigt. Dies zu erwähnen ist vor allem vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass verschiedene Autoren steigende mittlere Schlaggrößen mit niedrigeren Feldhasendichten in Verbindung bringen (RÜHE *et al.* 2004, SCHÄFERS 1996, MERIGGI & ALIERI 1992).

### 4.2.2 Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Fritzlar

Mit Ausnahme der Bedeutung von Waldrändern konnten die Ergebnisse des multivariaten Modells für das Untersuchungsgebiet Fritzlar aufgrund der univariaten Analyse erwartet werden. Die Tatsache, dass Feldhasen neben Wintergetreide und Raps vor allem Grünland besonders ausgeprägt bevorzugen, weist auf seine Bedeutung als Nahrungshabitat im Untersuchungsgebiet hin. Bereits AHRENS (1990) und PRIGIONI & PELIZZA (1992) weisen auf diesen Zusammenhang hin. Auffällig ist, dass sich das Grünland im Untersuchungsgebiet Fritzlar zumeist direkt an den Waldrand anschließt und somit eine landwirtschaftliche Nutzung der Grenzertragsböden in den Hanglagen des Habichtswaldes ermöglicht. Da beim Grünland auch Null-Distanzen berücksichtigt wurden, ist in diesem Fall die tatsächliche Nutzung als Nahrungshabitat wahrscheinlich. Weiterhin besteht die Grünlandnutzung in unmittelbarer Waldrandnähe mit wenigen Ausnahmen aus Wiesennutzung. Eine mögliche Meidung von Viehweiden, wie bei BARNES *et al.* (1983) und LUNDSTRÖM-GILLIÉRON & SCHLAEPFER (2003) beschrieben, spielt somit keine Rolle. In diesem Zusammenhang ist auch auf die fehlende Signifikanz bei der Präferenz für Raps im univariaten Modell für das

Untersuchungsgebiet Fritzlar hinzuweisen. Es ist denkbar, dass der hohe Grünland- und Wintergetreideanteil in Fritzlar Auswirkungen auf die Intensität der Bevorzugung von Raps als Grünäsung hat.

Die Distanz zu Wegen und Ruderalflächen wurde als erklärende Variable in der Phase der Modellselektion für die multivariaten Modelle ausgeschlossen. Ruderalflächen, also Grabenbegleitfloren, Wegränder, Trockenstandorte oder Selbstbegrünungsflächen, wurden jedoch als Ergebnis der univariaten Analyse signifikant gemieden. Da Ruderalflächen in diesem Fall keine einheitliche Struktur bilden, sondern ein Zusammenschluss verschiedener Flächenarten sind, ist eine Deutung der Ergebnisse des univariaten Modells schwierig. ROEDENBECK & VOSER (2007) führen eine Bevorzugung von Wegrändern auf die dort vorhandenen Nahrungsressourcen zurück. Im Gegensatz dazu ist denkbar, dass Feldhasen Grabenränder aufgrund feuchter oder staunasser Bereiche in der unmittelbaren Umgebung der Gräben meiden. Unter Umständen heben sich die Wirkungen spezieller Habitatstruktur im Fall der Ruderalflächen also gegenseitig auf und erscheinen damit nicht mehr im multivariaten Modell.

Buntbrachen und Gehölze werden im Untersuchungsgebiet Fritzlar ähnlich wie für die gesamte Untersuchungsfläche aufgrund deren Eignung als Tageshabitat bevorzugt. Unklar bleibt hingegen die Wirkung von Waldrändern. Während sie in der univariaten Analyse hochsignifikant bevorzugt werden, weist sie das multivariate Modell als gemiedene Strukturelemente der Landschaft aus. Ein Blick auf die multivariaten Ergebnisse aus beiden Beobachtungszeiträumen (F.2 und F.3) zeigt indes, dass diese Meidung nur im Zeitraum zwischen September 2005 bis April 2006 im Modell beschrieben wird. Tatsächlich saßen die beobachteten Feldhasen während des ersten Untersuchungsjahres mit einer mittleren Distanz von etwa 394 m dichter am nächst gelegenen Waldrand als im zweiten Untersuchungsjahr (Ø 442 m). Diese Beobachtung könnte zunächst auf verschiedene Entdeckungswahrscheinlichkeiten der Feldhasen in einzelnen Landschaftsteilen zwischen den Beobachtungszeiträumen hinweisen. Beispielsweise können waldrandnahe Buntbrachen die Einsehbarkeit der waldrandnahen Landschaften in zwei aufeinander folgenden Jahren erheblich einschränken. Im ersten Untersuchungsjahr würde dann ein anderer Landschaftsausschnitt erfasst als im zweiten Untersuchungsjahr. Dieses methodische Problem hätte jedoch auch die Veränderung der mittleren Distanz der Zufallspunkte zum nächstgelegenen Waldrand zur Folge. Ihre mittlere Distanz zum nächstgelegenen Waldrand ist im konkreten Fall mit 457 m bzw. 455 m zwischen den Untersuchungszeiträumen allerdings nahezu identisch. Dies zeigt, dass in beiden Beobachtungszeiträumen ähnliche

Landschaftsbereiche eingesehen werden konnten und die beobachteten Feldhasen im zweiten Untersuchungsjahr den Waldrand auch tatsächlich gemieden haben. Eine Erklärung für den Ergebnisunterschied könnte mit einem anderen Effekt der Fruchtfolge auf den an die Waldränder angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen in Verbindung stehen. Es ist anzunehmen, dass Feldhasen während der Nacht entfernter von Waldrändern anzutreffen sind, wenn die landwirtschaftlichen Flächen in diesen Bereichen überwiegend überwinternde Schwarzbrachen sind. Da in Fritzlar über 8 % der landwirtschaftlichen Fläche erst im Frühjahr mit Hackfrüchten bestellt werden, sind jährlich wechselnde Attraktivitäten der walddahen landwirtschaftlichen Flächen zu erwarten.

Eine zweite mögliche Begründung für die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den Untersuchungsjahren ist der bedeutende Unterschied zwischen waldrand- und offenlandgeprägten Feldhasenhabitaten im Untersuchungsgebiet Fritzlar. So ist wahrscheinlich, dass es im Untersuchungsgebiet Fritzlar Subpopulationen des Feldhasen mit unterschiedlich bevorzugten Habitaten gibt. Die eine Subpopulation verbringt den Tag überwiegend im Wald und nutzt nachts die angrenzenden Felder zur Äsungsaufnahme, die Individuen der anderen Teilpopulation haben ihren Aktionsradius hingegen überwiegend im Offenland. Die unterschiedliche Präferenz für Waldränder zwischen den Beobachtungszeiträumen könnte somit auch auf unterschiedlich große Subpopulationen zwischen den Untersuchungsjahren hinweisen. Im vorliegenden Fall könnte also auch eine vergrößerte Subpopulation im Offenland bei gleichzeitig konstanter Population im Waldrandbereich für die Meidung von Waldrändern im zweiten Beobachtungszeitraum verantwortlich sein. Die Tatsache, dass die im Offenland liegenden Siedlungsbereiche nur im ersten Untersuchungsjahr deutlich gemieden wurden, stützt diese Hypothese.

### **4.2.3 Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Güntersleben**

Die Analyse des Untersuchungsgebietes Güntersleben zeigt einige Besonderheiten im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum. Feldhasen wurden im hier im Ergebnis der univariaten Analyse während der Nacht signifikant entfernter von Buntbrachen beobachtet als dies bei einer zufälligen Verteilung der Fall gewesen wäre, bei der multivariaten Analyse ist der Einfluss von Buntbrachen nicht signifikant. In den Untersuchungsgebieten Opferbaum und Fritzlar ist das Gegenteil der Fall. Eine mögliche Begründung für die gegensätzlichen Ergebnisse könnte in der besonders vielfältigen und strukturreichen Landschaft im Untersuchungsgebiet zu finden sein.

Abbildung 10 a-c zeigt den Anteil von einzelnen Distanz-Klassen zur nächsten Buntbrache aller zufällig generierten Punkte in den drei Untersuchungsgebieten. Sie verdeutlicht, dass im Fall des Projektgebietes Güntersleben nahezu 70 % aller zufällig generierten Punkte in einer Entfernung bis zu 300 m zur nächstgelegenen Buntbrache aufgefunden wurden. Im Projektgebiet Fritzlar sind hingegen weniger als 30 % der Zufallspunkte diesem Bereich zuzuordnen. Abbildung 10 a-c beschreibt schließlich auch die Häufigkeit der Verteilung von Buntbrachen in der Landschaft. Zum Vergleich liegt die mittlere Distanz der Zufallspunkte zur nächst gelegenen Buntbrache in der Studie von ROEDENBECK & VOSER (2007) bei 900 m. Je mehr Buntbrachen in einer Landschaft angelegt worden sind, desto höhere Anteile werden in den ersten Minimal-Distanz-Klassen zu erwarten sein. Eine Bevorzugung des Strukturelementes würde sich somit erst ergeben, wenn der überwiegende Teil der Feldhasenpopulation in seiner Nähe kartiert würde. Andere Strukturelemente der Landschaft wären in dem Fall kaum bevorzugt. Im Untersuchungsgebiet Güntersleben sind aber neben Buntbrachen weitere Deckungshabitate häufig anzutreffen. Abbildung 10 b zeigt, dass Buntbrachen in dem Bereich bis 200 m um einen Zufallspunkt sogar weniger häufig anzutreffen sind als Waldränder oder Hecken. Wie im Kapitel 4.2.1 diskutiert, werden Waldbereiche und Gehölze von Feldhasen als Sassenhabitat ebenso wie Buntbrachen bevorzugt. Somit kommt es aufgrund der großen Verfügbarkeit von Deckung im Untersuchungsgebiet Güntersleben zu einer Konkurrenzsituation zwischen diesen Strukturelementen der Landschaft. Diese Situation finden wir weder im Untersuchungsgebiet Fritzlar noch im Untersuchungsgebiet Opferbaum. Tatsächlich zeigt die univariate Analyse der Strukturelemente im Untersuchungsgebiet Güntersleben, dass weder Waldränder noch Gehölze signifikant gemieden oder bevorzugt werden. Der beobachtete negative Zusammenhang von Buntbrachen und dem nächtlichen Aufenthaltsort der Feldhasen im univariaten Modell könnte darauf hinweisen, dass bei gleichmäßiger Verfügbarkeit der Habitate Wald als Tageslebensraum gegenüber den Buntbrachen bevorzugt wird. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der univariaten Analyse werden Buntbrachen im selektierten multivariaten Modell allerdings bevorzugt. Tatsächlich waren die generierten Pseudo-Absenz-Punkte im Untersuchungsgebiet Güntersleben mit 242 m durchschnittlicher Distanz im gesamten Beobachtungszeitraum im Mittel näher an den Buntbrachen als die beobachteten Feldhasen ( $\bar{O}$  271 m). Diese Beobachtung tritt bei beiden Untersuchungsjahren auf. Eine Erklärung für das Ergebnis im multivariaten Gesamtmodell könnte daher in den Prozessen zur Bildung und Selektion des GLMs zu finden sein.



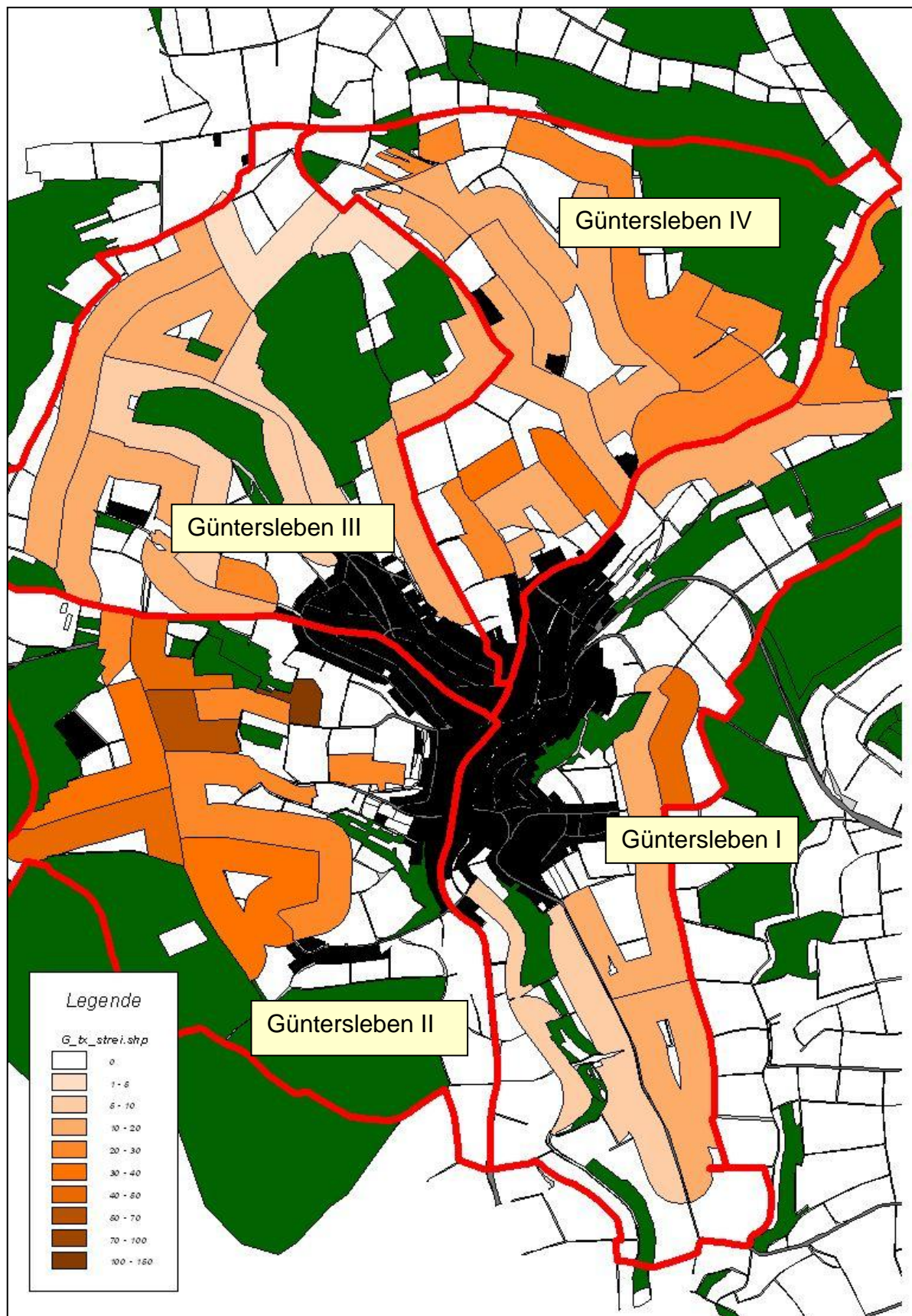
Die Tatsache, dass die Distanz zur nächst gelegenen Buntbrache als erklärende Variable für die Modelle beider Untersuchungsjahre während der Modellselektion ausgeschlossen wurde, spricht für die Vermutung, dass Buntbrachen in stark strukturierten Gebieten das Habitatverhalten von Feldhasen weniger stark beeinflussen als in agrarisch geprägten Landschaften.

Auch die Meidung gepflügter Schläge spricht für eine Konkurrenzsituation der Deckungslebensräume im Untersuchungsgebiet Güntersleben. Spätestens seit dem Pflugfurchen-Projekt von BAUMANN (2003) ist bekannt, dass diese Strukturen in agrarisch geprägten Landschaften durchaus als Sassenhabitat bevorzugt werden. Allerdings ist denkbar, dass Feldhasen dieses angebotene Kleinrelief in ausgeräumten Agrargebieten als Ersatz für besser geeignete Strukturen nutzen. Wenn, wie in Güntersleben, vielfältige Deckungsmöglichkeit geboten wird, werden gepflügte Äcker nicht mehr als Tageshabitat bevorzugt.

Das Ergebnis der multivariaten Analyse, dass sowohl Waldränder als auch Raps, Wintergetreide, Zwischenfrüchte und gepflügte Schläge nur jeweils in einem der Untersuchungszeiträume einen signifikanten Zusammenhang mit der nächtlichen Verteilung der Feldhasen aufweisen, könnte ebenfalls mit der besonders vielfältigen Landschaftsstruktur im Untersuchungsgebiet in Verbindung stehen. Mit dem Wechsel der Feldfrüchte zwischen den Jahren ändert sich die Attraktivität von Landschaftsteilen. Je nach Charakter der betroffenen Landschaftsteile werden somit auch die dort vertretenen Strukturelemente in unterschiedlicher Intensität genutzt. Wird zum Beispiel ein von Feldgehölzen dominierter Landschaftsteil aufgrund besonders attraktiver Äsung in einem Jahr von Feldhasen verhältnismäßig stark frequentiert, so ist es wahrscheinlich, dass auch die Feldgehölze vermehrt als Tageshabitat genutzt werden. Verlagert sich jedoch im nächsten Jahr die Verfügbarkeit der attraktiven Nahrung in einen waldrandnahen Landschaftsteil, so wird in jenem Jahr eher der Wald als Tageshabitat genutzt. In besonders kleinparzellierten und stark strukturierten Gebieten wie im Untersuchungsgebiet Güntersleben wird der Wechsel der Feldfrüchte zwischen den Jahren somit vermutlich stärkere Auswirkungen auf die nächtliche Verteilung der Feldhasen haben, als in eher monotonen Gebieten. FERRETTI *et al.* (2008) beobachten in diesem Zusammenhang bereits deutliche Verschiebungen der home range von Feldhasen während eines halben Jahres. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Beobachtungen mit der Veränderung der Landschaft während der Vegetationsperiode in Zusammenhang stehen.

Grünland wurde während der Nacht von Feldhasen im Untersuchungsgebiet Güntersleben hochsignifikant gemieden. Sowohl in Opferbaum als auch in Fritzlar wurde ein hochsignifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Grünland und dem Auftreten von Feldhasen beobachtet. Im Gegensatz zu den beiden anderen Untersuchungsgebieten befindet sich Grünland in Güntersleben häufiger in Ortsnähe und ist teilweise sogar von Siedlungsbereichen umschlossen. So könnte angenommen werden, dass Feldhasen die Grünlandbereiche aufgrund dieser Ortsnähe im Untersuchungsgebiet Güntersleben während der Nacht meiden. Umgekehrt muss jedoch festgestellt werden, dass sich Feldhasen während der Nacht signifikant näher an Siedlungsbereichen von Güntersleben aufgehalten haben als sie es bei einer zufälligen Verteilung getan hätten. Eine Erklärung dafür könnte in einer potentiellen Fehlerquelle der Methode der Generierung von Zufallspunkten als Vergleichsverteilung zu finden sein. Werden die generierten Zufallspunkte gleichmäßig über die gesamte Untersuchungsfläche verteilt, so muss Grundvoraussetzung für den Vergleich mit den Präsenzpunkten sein, dass die tatsächliche Dichte der untersuchten Art in den Landschaftsteilen ausschließlich von der Habitatqualität abhängig ist. Strukturelemente, die in den Landschaftsbereichen mit erhöhter Individuendichte auftreten, werden automatisch bevorzugt. Ist jedoch die Konzentration der Art in diesem Landschaftsteil nicht ursächlich mit der Habitatqualität verbunden, so wäre die ermittelte Präferenz für die hier auftretenden Strukturelemente der Landschaft faktisch nicht vorhanden. Solche kleinräumigen, lokal erhöhten Individuendichten sind bei einer relativ standorttreuen Art wie dem Feldhasen beispielsweise aufgrund lokal unterschiedlicher Reproduktionserfolge denkbar.

Abbildung 12 zeigt die während der Scheinwerfertextation im Projekt „Lebensraum Brache“ beobachtete Feldhasendichte der Frühjahrserfassungen im Mittel der Jahre 2004 bis 2006 für jeden einzelnen Taxationsstreifen (vgl. Anhang 1). Rot-umrandet sind die Jagdreviergrenzen der Reviere Güntersleben I bis IV. Dabei zeigt sich deutlich, dass das im Südwesten gelegene Revier Güntersleben II die höchste mittlere Feldhasendichte auf den Taxationsstreifen aufweist.



Quelle: eigene Untersuchung

Abbildung 12: Taxationsstreifen der Scheinwerfererfassung und Feldhasenabundanz für das Untersuchungsgebiet Güntersleben

Tatsächlich war die ermittelte Frühjahrsdichte im Revier Güntersleben II meistens doppelt so hoch wie in den drei anderen Revieren dieses Untersuchungsgebietes (Anhang 1). Im Vergleich zu den drei anderen Günterslebener Jagdrevieren sind dessen Landschaftsteile eher in der Nähe des Ortes Güntersleben gelegen. Sollte in diesem Landschaftsteil also tatsächlich eine erhöhte, habitatunabhängige Individuendichte der Feldhasen anzutreffen sein, steht die signifikante Bevorzugung der Nähe zu Siedlungsbereichen im Untersuchungsgebiet Güntersleben mit dieser Beobachtung in Zusammenhang. Die zweite mögliche Begründung für die zum Teil konträren Ergebnisse des Untersuchungsgebietes Güntersleben ist somit in habitatunabhängigen Dichteunterschieden innerhalb des Untersuchungsraumes zu finden. Trifft diese Begründung zu, so ist auch die durch die univariate Analyse beobachtete Meidung von Grünland im gesamten Untersuchungsgebiet Güntersleben auf das verhältnismäßig geringe Vorkommen dieser Struktur im Revier Güntersleben II zurückzuführen.

Auch Unterschiede der Ergebnisse von Wintergetreide und Raps zwischen den Untersuchungszeiträumen (G.2 und 3) könnten mit Dichteunterschieden der Feldhasen innerhalb des Untersuchungsgebietes Güntersleben in Zusammenhang stehen. Der jährliche Wechsel der Feldfrüchte im Revier Güntersleben II, welches relativ hohe Feldhasendichten aufweist, hätte demnach stärkere Auswirkungen auf das Modell der gesamten Untersuchungsfläche als die anderen drei Teil-Reviere. Allerdings zeigt ein Blick auf die jährliche Flächenstatistik, dass entgegen der ersten Erwartung im zweiten Untersuchungsjahr im Vergleich zum ersten Untersuchungsjahr im Revier Güntersleben II sehr viel mehr Wintergetreide und sehr viel weniger Öl- und Faserpflanzen, also Raps, angebaut wurden (TILLMANN & KINSER 2008). Einzig denkbare Erklärung für den Ausschluss der Variable „Distanz zu Wintergetreide“ im Modell des ersten Untersuchungszeitraumes ist somit der Ausschluss aufgrund starker Korrelationen mit der Variable „Distanz zu Raps“ (Anhang 4).

Die Diskussion der Ergebnisse der Untersuchungen für das Untersuchungsgebiet Güntersleben soll mit dem nur hier auftretenden Landschaftsstrukturelement *Miscanthus* (China-Schilf) abgeschlossen werden. Die beobachteten Feldhasen haben sich signifikant entfernter von diesem Landschaftselement aufgehalten als es bei einer zufälligen Verteilung der Fall gewesen wäre. Betrachtet man die Vegetationsstruktur dieser zumeist zum Zweck der Energienutzung angebauten Kultur, so findet man eine vergleichsweise dichte und schwer begehbare Vegetation. Folgt man RÜHE (1999), der den sogenannten Raumwiderstand landwirtschaftlicher Kulturen aus Sicht der Feldhasen maß, so begrenzen dichte, schwer begehbare Vegetationsstrukturen die Kapazität der Feldhasenlebensräume, da deren Überwindung ein hohes Maß an Energie verlangt. Ähnlich wie das Stroh des abreifenden

Getreides wird Miscanthus einen vergleichbaren Raumwiderstand für Feldhasen haben. Es ist anzunehmen, dass Miscanthus-Flächen aus diesem Grund von Feldhasen während des Herbstes und des Winters trotz der gegebenen Möglichkeit zur Deckung aktiv gemieden werden.

### **4.2.4 Habitatnutzung im Untersuchungsgebiet Opferbaum**

Im Untersuchungsgebiet Opferbaum wurden Ruderalflächen als Ergebnis der multivariaten Analyse hochsignifikant gemieden, im Ergebnis der univariaten Analyse jedoch signifikant bevorzugt. Im Untersuchungsgebiet Fritzlar mieden Feldhasen Ruderalflächen signifikant, im Untersuchungsgebiet Güntersleben konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Da es sich bei diesem Element um eine Zusammenfassung verschiedener Strukturtypen handelt, ist eine Deutung der unterschiedlichen Ergebnisse schwierig. Tatsächlich weisen die sogenannten Ruderalflächen, also Weg- und Grabenränder, Trockenstandorte und Selbstbegrünungen größtenteils ähnliche Vegetationsformen wie Altgras auf. Unabhängig davon haben sie aber sehr unterschiedliche, das Raumverhalten von Feldhasen möglicherweise beeinflussende Eigenschaften. Da im Untersuchungsgebiet Opferbaum alle Arten von Ruderalflächen in größeren Anteilen vorhanden sind, kann ihre Bevorzugung auf keinen einzelnen Zusammenhang hinweisen. ROEDENBECK & VOSER (2007) diskutieren eine Präferenz für Wege mit der an deren Rändern vorhandenen attraktiven Nahrung. Auf der anderen Seite könnten WQegränder aber aufgrund der hier auftretenden Störungen gemieden werden. Eine Diskussion des Zusammenhangs zwischen dem Vorkommen von Feldhasen und Wegen wurde bereits in Kapitel 4.2.2 geführt. Im Ergebnis muss daher festgehalten werden, dass die Zusammenfassung verschiedener Strukturelemente der Landschaft zu einer Variablen zu nicht interpretierbaren Ergebnissen geführt hat.

Der signifikant positive Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Grünland und dem nächtlichen Aufenthaltsort der Feldhasen sowohl in der uni- als auch in der multivariaten Analyse hängt wahrscheinlich mit der Nutzung dieses Strukturelements als Nahrungshabitat in Verbindung. Anders als im Untersuchungsgebiet Güntersleben finden sich hier größere Grünlandkomplexe, die wiederum häufig in unmittelbarer Waldrandnähe anzutreffen sind. Wie bereits in Kapitel 4.2.1 diskutiert, dient dabei der Wald als Tageshabitat und das angrenzende Grünland während der Nacht als Nahrungshabitat. Im Fall des agrarisch geprägten Untersuchungsgebietes Opferbaum scheint dies umso wahrscheinlicher vor dem Hintergrund der wenig abwechslungsreichen Landschaft bzw. Nahrung für die Tiere. Viehwirtschaft, als potentieller Grund für eine Meidung von Grünland durch Feldhasen, spielt innerhalb dieses von Löß geprägten Gebietes keine Rolle. Bedenkt man die offensichtliche

Präferenz der Feldhasen für Wintergetreide als Nahrungshabitat während des Winters, so ist die Bevorzugung von Grünland, also einer anderen Form von Grasvegetation, ebenso plausibel.

Im multivariaten Modell für das Untersuchungsgebiet Opferbaum werden neben Raps und Grünland vor allem Buntbrachen besonders ausgeprägt bevorzugt. Wintergetreide wird hingegen vergleichsweise weniger stark präferiert. Ein Blick auf die multivariaten Modelle aus beiden Untersuchungszeiträumen (O.2 und O.3) zeigt jedoch, dass Wintergetreide im zweiten Untersuchungszeitraum besonders ausgeprägt selektiert wurde. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte, wie bereits für das Untersuchungsgebiet Güntersleben dargelegt, mit kleinräumigen Fruchtfolgen zusammenhängen.

Die Tatsache, dass sowohl die Distanz zu Straßen als auch die Distanz zu Waldrändern und Gehölzen als erklärende Variable nicht im selektierten Modell auftauchen, verwundert vor dem Hintergrund der univariaten Ergebnisse für das Untersuchungsgebiet Opferbaum. Beide Strukturelemente der Landschaft tauchen jedoch im Untersuchungsgebiet lokal sehr begrenzt auf und haben geringe Auswirkungen auf das nächtliche Habitatverhalten der Gesamtpopulation. Lediglich der Zusammenhang zwischen der Distanz zu Buntbrachen und dem nächtlichen Aufenthaltsort der Feldhasen ist stark genug, um als erklärende Variable im multivariaten Modell aufgenommen zu werden. Dieses Ergebnis hebt die besondere Bedeutung von Buntbrachen in monotonen Ackerbaulandschaften hervor. Allerdings ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass Buntbrachen im Untersuchungsgebiet Opferbaum besonders häufig in der Nähe von Waldrändern zu finden sind und deren Auftreten somit stark korreliert (Anhang). Während des Prozesses der Modellbildung werden jedoch stark korrelierende Variablen zumeist ausgeschlossen. Dies könnte erklären, warum im Modell der ersten Untersuchungsperiode die Waldränder hochsignifikant bevorzugt werden und während der zweiten Untersuchungsperiode die Buntbrachen (O.2 und O.3).

Der signifikante Zusammenhang zwischen dem Vorkommen gepflügter Schläge und dem Habitatverhalten von Feldhasen im univariaten Modell für das Untersuchungsgebiet Opferbaum bekräftigt die bereits geäußerte Überlegung, dass diese Strukturen zunächst in deckungsarmen Landschaften als Ersatz-Sassenhabitat dienen, da eine Nutzung dieser meist vegetationslosen Schläge als Nahrungshabitat ausgeschlossen werden kann. Die Feldhasen, die diese Habitate während des Tages nutzen, befinden sich zur Nahrungsaufnahme in der Nacht auf den umliegenden Schlägen. Da Pflugäcker im multivariaten Modell des Untersuchungsgebietes Opferbaum allerdings keine signifikante Rolle spielen, beeinflussen

sie im Vergleich zu Buntbrachen das nächtliche Habitatverhalten der Feldhasen offensichtlich in geringerem Maß. Dafür spricht auch, dass sie trotz einer vergleichsweise geringen Korrelation mit Waldrändern (Anhang 4) in keinem selektierten Modell für die beiden Beobachtungszeiträume auftauchen.

Die Nähe von Bahngleisen wurde im Untersuchungsgebiet Opferbaum sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse signifikant bevorzugt. Bei der betroffenen Gleisanlage handelt es sich um die regionale Bahnstrecke zwischen Würzburg und Schweinfurt, die regelmäßig bis in den Abend durch den Personennahverkehr genutzt wird. Die Bevorzugung dieses Landschaftselementes könnte unter Umständen mit der in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Schwäche der Auswertungsmethodik bei habitatunabhängigen Dichtunterschieden innerhalb eines Untersuchungsgebietes zusammenhängen. Die Gleisanlage befindet sich ausschließlich innerhalb der Grenzen des Jagdrevieres Opferbaum II. Während der Scheinwerfererfassung der Feldhasen im Rahmen des Projektes „Lebensraum Brache“ wurden in diesem Revier stets zwischen 50 und 100 % mehr Feldhasen pro km<sup>2</sup> gezählt als im westlicher gelegenen Jagdrevier Opferbaum I (Anhang 1). Bei gemeinsamer Betrachtung beider Reviere werden also Landschaftselemente, die nur in einem der beiden Reviere auftreten, automatisch gemieden oder bevorzugt. Es ist naheliegend, dass dies im Fall der Bahngleise zutrifft. Allerdings bleibt fraglich, aus welchen Gründen die erhöhte Dichte in diesem Fall im Revier Opferbaum II auftritt. Da die vorliegende Untersuchung nicht geeignet ist, um habitatunabhängige Erklärungen für verschieden hohe Individuendichten zu geben, bleibt die Möglichkeit einer tatsächlichen Präferenz der Gleisanlagen und damit ein möglicher Grund dieser erhöhten Dichten offen. Erklärungen könnten in der besonderen Vegetationsstruktur im Umfeld der Bahngleise liegen. Wahrscheinlich ist allerdings, dass die Nähe zu Bahndämmen aufgrund des gegebenen Windschutzes von den Feldhasen bevorzugt wurde. Da die Gleisanlage in diesem Fall in Nord-Süd-Richtung verläuft, bietet sie somit einen idealen Windschutz vor der westlichen Hauptwindrichtung und wird möglicherweise aus diesem Grund von den Feldhasen bevorzugt (vgl. FULGIONE et al. 2009, HOMOLKA et al. 1988). Außerdem weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Feldhasen anders als bei stark frequentierten Straßen hier die Erfahrung gemacht haben, dass nahende Züge keine Gefahr für sie darstellen.

Das Beispiel der Bahngleise zeigt, dass nicht nur die Komposition der Landschaftselemente einen Einfluss auf das Raumverhalten der Feldhasen ausüben kann sondern ggf. auch deren Konstellation. Würde die Gleisanlage in Ost-West-Richtung verlaufen, könnte sie nur in vergleichsweise seltenen Fällen als Windschutz dienen.

Auswirkungen der Konstellation der Landschaftselemente auf das Habitatverhalten der Feldhasen könnten bei allen linienförmigen Landschaftselementen auftreten. Dazu gehören Hecken und Straßen sowie Waldränder. Wie bereits erwähnt, spielt die Form bei Ackerschlägen eine untergeordnete Rolle da sie vergleichsweise ähnlich ist.

### **4.2.5 Habitatnutzung im zeitlichen Verlauf**

Die Ergebnisse der multitemporalen Modellbildung im Untersuchungsgebiet Fritzlar (F.Z.1-4) zeigen, dass Stoppeläcker im Zeitraum September und Oktober das Habitatverhalten von Feldhasen signifikant beeinflussen können. Die hochsignifikante Bevorzugung von Pflugäckern im Januar und Februar dagegen weist grundsätzlich auf deren hervorzuhebende Bedeutung als Sassenhabitat in der vegetationslosen Zeit hin. Wie jedoch bereits in Kapitel 4.2.1 angesprochen, werden Pflugäcker zunächst in deckungslosen Agrarlandschaften als Ersatzstruktur für den Tagesaufenthalt genutzt. Betrachtet man die einzelnen Monatsergebnisse beider Untersuchungsjahre (Anhang 5), so zeigt sich, dass die Präferenz für Pflugäcker vor allem im Januar und Februar des Jahres 2006 besteht. Diese Beobachtung stützt die Vermutung, dass im Untersuchungsgebiet Fritzlar eine überwiegend im Offenland lebende Subpopulation existiert. Sollte ihre Dichte im zweiten Untersuchungsjahr höher sein, würden sich ihre typischen Verhaltensweisen in der Gesamtpopulation stärker auswirken.

Die selektierten Modelle für die zweimonatigen Zeiträume im Untersuchungsgebiet Güntersleben geben kaum Aufschluss über zeitlich variierende Präferenzen der Feldhasen (G.Z.1-4). Wintergetreide und Raps werden erst ab November signifikant bevorzugt. Die Beobachtung, dass Gehölze im Modell für den Zeitraum September und Oktober und Zwischenfrüchte dagegen im Zeitraum November und Dezember signifikant bevorzugt werden, könnte mit der bereits diskutierten, möglicherweise unterschiedlichen Frequentierung verschiedener Landschaftsteile durch Feldhasen zwischen den beiden Untersuchungsjahren in Zusammenhang stehen. Für diesen Einfluss spricht auch der Wechsel von negativer zu positiver Präferenz von Straßen in den Modellen der Zeiträume September und Oktober und November und Dezember. Das Ergebnis zeigt, dass unterschiedliches Habitatverhalten in zwei getrennten Untersuchungsperioden zu nicht sinnvoll interpretierbaren Ergebnissen bei den zusammengefassten Zwei-Monats-Zeiträumen führen kann. Eine Lösung könnte hier das Berücksichtigen von Interaktionen als Variablen im logistischen Modell bieten. Mit ihrer Hilfe wäre es möglich, die Auswirkung der Veränderungen der Landschaftsstruktur während der Untersuchungszeiträume zu modellieren. Die Interaktion könnte beispielsweise den Effekt von dicht beieinander liegendem Deckungs- und Nahrungshabitat unabhängig vom Aufnahmezeitpunkt abbilden.



Im selektierten Modell für die zusammengefassten Monate September und Oktober im Untersuchungsgebiet Opferbaum (O.Z.1) werden Äcker, deren Vornutzung aus Zuckerrübe bestand, signifikant bevorzugt. Dieses Ergebnis wurde aufgrund der bereits in Kapitel 4.2.1 geschilderten Beobachtungen auch für die vergleichbaren Modelle der beiden anderen Untersuchungsgebiete erwartet. Mögliche Gründe für die abweichenden bzw. nicht signifikanten Ergebnisse wurden in dem genannten Kapitel bereits diskutiert. Die hochsignifikante Meidung ungeernteter Zuckerrübenfelder im Zeitraum September und Oktober könnte mit der ebenfalls im Kapitel 4.2.1 diskutierten Überlegung zum Tages- und Nachtaufenthalt der Tiere in dieser Struktur in Zusammenhang stehen.

Die gegensätzliche Wirkung der Zwischenfrüchte in den selektierten multivariaten Modellen der Zeiträume September und Oktober (O.Z.1) sowie November und Dezember (O.Z.2) weist auf die bereits erwähnte Veränderung dieses Strukturelementes der Landschaft während des Herbstes und Winters hin. Es ist denkbar, dass, in diesem Fall fast ausschließlich Senf, die Zwischenfrüchte unmittelbar nach ihrem Auflaufen ein bevorzugtes Nahrungshabitat für Feldhasen darstellten. Dies könnte die hochsignifikante und vergleichsweise stark ausgeprägte Bevorzugung dieser Struktur während des Zeitraums September und Oktober erklären. RÜHE (1999) folgend, könnte der aufkommende hohe Aufwuchs dieser Kultur vor den ersten anhaltenden Frostereignissen eines Winters seine Attraktivität aus Sicht der Feldhasen stark einschränken. Dem entspricht das Ergebnis, dass Zwischenfrüchte während des Zeitraums November und Dezember hochsignifikant gemieden wurden. Allerdings ist bezüglich dieser Struktur zu beachten, dass sie sowohl vom Witterungsverlauf eines Winters als auch von der jeweiligen Bonität der Böden abhängig ist. Aus diesem Grund ist eine allgemeingültige Deutung dieser Ergebnisse nicht möglich.

Die signifikante und zum Teil stark ausgeprägte Bevorzugung von Buntbrachen in allen vier selektierten Modellen für die zweimonatigen Zeiträume unterstreicht deren Attraktivität in deckungsarmen Landschaften während des Herbstes und Winters.

Für die Modellbildung auf der gesamten Untersuchungsfläche zeigt die Aufschlüsselung der Ergebnisse in zweimonatige Zeiträume Unterschiede im Verhalten der Feldhasen (Modelle OFG.Z.1-4). Auffällig ist hier die Beobachtung, dass weder Raps noch Wintergetreide während des Zeitraumes September und Oktober im selektierten Modell als erklärende Variable auftauchen. Dies hängt zunächst mit der Verfügbarkeit der beiden Kulturen in diesem Zeitraum zusammenhängen. Beide Kulturen sind im September gerade erst gekeimt und bieten den Feldhasen zu dem Zeitpunkt weder attraktive Nahrung noch

Deckung. Auf der anderen Seite ist zu diesem Zeitpunkt, der immerhin noch innerhalb der jährlichen Vegetationsperiode liegt, in den Feldhasenlebensräumen ausreichend alternative Nahrung verfügbar.

### 4.2.6 Multivariates Gesamtmodell

Tabelle 20 (Modell OFG.1) stellt das selektierte multivariate Modell für beide Untersuchungsjahre und alle drei Untersuchungsgebiete dar. Die Variable „Distanz zu Grünland“ wurde zur Minimierung des AIC ausgeschlossen. Wie bereits in der Diskussion der univariaten Ergebnisse erwähnt (Kap. 4.2.1), kann Grünland in verschiedenen strukturierten Landschaften unterschiedlichen Einfluss auf das Habitatverhalten von Feldhasen haben. Die gegensätzlichen Ergebnisse, die für dieses Strukturelement der Landschaft während der univariaten Analyse für die Untersuchungsgebiete Güntersleben und Fritzlar festgestellt wurden, führen wahrscheinlich auch zu dem Ausschluss dieses Elementes in der multivariaten Analyse aller Daten. Die verschiedenen Wirkungen in den drei Untersuchungsgebieten heben sich gegenseitig auf. Dies macht deutlich, dass das Zusammenlegen von Daten aus Gebieten verschiedener Landschaftsstrukturen die Einflüsse einzelner regional wichtiger Variablen verdeckt.

Alle anderen für diesen Modellbildungsprozess zur Verfügung stehenden Variablen sind signifikant. Raps und Wintergetreide werden in diesem Modell am meisten bevorzugt. Dies zeigt, dass das Raumverhalten von Feldhasen während der Nacht zunächst durch den Faktor Nahrungsverfügbarkeit beeinflusst wird. Gleichzeitig könnte dieses Verhalten aber auch der Feindvermeidung dienen, da Feldhasen auf offenen Flächen Fressfeinde schneller wahrnehmen (KARMIRIS & NASTIS 2006). Neben dem Nahrungshabitat bevorzugen Feldhasen die Nähe potentieller Deckungsstrukturen wie Waldrändern, Gehölzen oder Buntbrachen. Dies verdeutlicht ihre Bevorzugung als Tageshabitat. Vermutlich aus Gründen der Feindvermeidung nutzen sie allerdings nicht den unmittelbaren Grenzbereich der Randstrukturen, weil diese häufiger von Prädatoren frequentiert werden (BRESINSKI 1983, GOSZCZYNSKI 1985). Da Feldhasen allerdings vergleichsweise geringe Distanzen zur Nahrungsaufnahme zurücklegen (RÜHE & HOHMANN 2004), bleibt die Präferenz für das Tageshabitat auch während der Nacht nachweisbar. Die Meidung von Wegen, Straßen und Siedlungsbereichen durch das multivariate Modell konnte aufgrund der Ergebnisse der univariaten Analyse erwartet werden. Die Deutlichkeit der Meidung von Wegen gegenüber Straßen und Siedlungen weist auf den besonders großen Einfluss des Untersuchungsgebietes Opferbaum auf das Gesamtmodell hin, da hier besonders viele Feldhasen kartiert wurden. .

Die Tatsache, dass das ausgesuchte GLM kaum mehr als 1 % der vorhandenen Varianz der Daten erklärt, weist auf die ausgesprochen opportunistische Lebensweise des Feldhasen hin (SODEIKAT *et al.* 2005). Der Feldhase kommt in Deutschland nahezu flächendeckend vor (BARTEL *et al.* 2005, GRAUER *et al.* 2008) und nutzt dabei im Grunde jedes sich bietende Habitat bis hin zu Stadt-Habitaten (KÖHLER 2008) in unterschiedlicher Abundanz. Die Informationen aus über 8.000 beobachteten Feldhasenstandorten auf einer gesamten Untersuchungsfläche von weniger als 1.300 ha und aus insgesamt 48 unterschiedlichen Erfassungsterminen variieren dabei erheblich. Hinzu kommt, dass sich Feldhasen offensichtlich in unterschiedlichen Landschaften und zu unterschiedlichen Zeitpunkten verschieden verhalten. Das selektierte Gesamtmodell OFG.1 beschreibt somit auf der einen Seite die grundsätzlichen Tendenzen im Habitatverhalten von Feldhasen, auf der anderen Seite aber ebenso deren Variabilität. Seine extrem geringe Erklärungsgüte zeigt, dass über die grundsätzlichen Tendenzen hinaus sehr viel mehr Effekte das Habitatverhalten der Tiere bestimmen bzw. durch zufällige Einflüsse überlagert werden. Auf der anderen Seite werden Zusammenhänge, die in bestimmten Landschaften einen tatsächlichen Einfluss besitzen, in dem Gesamtmodell überdeckt. Ein allgemein anwendbares Modell zur Vorhersage der Verteilung von Feldhasen während der Nacht müsste äußerst komplex sein und sowohl die zeitlichen als auch die landschaftlichen Unterschiede im Habitatverhalten von Feldhasen berücksichtigen.

Die Modelle OFG.2 und 3 stellen das Ergebnis einer multitemporalen Modellbildung für die jeweils zusammengefassten Untersuchungsjahre dar. Mit Ausnahmen von Gehölzen und von Grünland, die beide nur im zweiten Untersuchungsjahr signifikant bevorzugt werden, unterscheiden sich die Ergebnisse der multivariaten Modelle beider Untersuchungsjahre lediglich in der Intensität der Meidungen oder Bevorzugungen der einzelnen Strukturelemente. Auch hier zeigt sich die besondere Bedeutung von Wintergetreide und Raps sowie von Wegen. Die Modelle weisen darauf hin, dass Feldhasen in zwei aufeinander folgenden Perioden des gleichen jahreszeitlichen Zeitraums ihr Habitat grundsätzlich ähnlich nutzen.

### **4.3 Betrachtung unberücksichtigter Variablen**

In der vorliegenden Untersuchung wurde nach Zusammenhängen zwischen 20 Landschaftsvariablen und der nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen gesucht. Tatsächlich kann das Verhalten der Tiere aber nur stark eingeschränkt mit Hilfe dieser Variablen erklärt werden. Der Anteil der erklärten Varianz der erhobenen Daten beträgt nur in den Modellen

der einzelnen Aufnahmemonate mehr als 5 % (Anhang 5). Es ist daher anzunehmen, dass eine Vielzahl weiterer Variablen das Habitatverhalten der Feldhasen beeinflusst. Neben weiteren Landschaftsvariablen spielen dabei soziale Interaktionen zwischen Feldhasen eine wichtige Rolle (PFISTER 1984). BROEKHUIZEN & MAASKAMP (1982) und auch PÉPIN (1986) beschreiben die häufige Aggregation von Feldhasen und führen diese auf eine Strategie zur Feindvermeidung zurück. Fraglich dabei bleibt allerdings, inwieweit sich das Verhalten zur Aggregation auf die Präferenz von Strukturelementen der Landschaft auswirkt. Es ist anzunehmen, dass die Aggregation selbst weniger Einfluss auf die eigentliche Wahl des kleinräumigen Aktionsraumes hat als der Charakter des Habitats.

Verschiedene Beobachtungen im Rahmen der Datenerhebungen weisen darauf hin, dass Windrichtung und –intensität einen starken Einfluss auf das kleinräumige Habitatverhalten von Feldhasen haben. Bei unterschiedlichen Windrichtungen wurden unterschiedliche Landschaftsteile von den Feldhasen bevorzugt. Tatsächlich ist die verfügbare Literatur zu dem Thema sehr begrenzt. HOMOLKA *et al.* (1988) heben die Bedeutung von Windschutzstreifen für Feldhasen hervor. Unklar aber bleibt, ob diese Strukturen aufgrund hier verfügbarer Nahrungsressourcen bevorzugt werden oder aufgrund des gegebenen Windschutzes. PÉPIN (1986) zitiert zu dem Thema JEZIERSKI (1973) und bemerkt eine Abhängigkeit der Feldhasenaktivität von der Windstärke und der Temperatur. PFISTER *et al.* (2002) und der DJV (2003) verweisen in dem Zusammenhang auf zum Teil stark veränderte Zählergebnisse von Feldhasen während Taxationen bei starkem Wind. Sie empfehlen, unter den Bedingungen keine Scheinwerfertaxation durchzuführen. FULGIONE *et al.* (2009) weisen wiederum eine deutliche Präferenz für Süd-West-exponierte Lagen beim Feldhasen nach. Dies führt zu der Hypothese einer Abhängigkeit der Habitatnutzung vom Feldhasen von Windrichtung und –stärke. Indes ist eine Überprüfung dieser Hypothese nur sehr schwer durchführbar. Vorstellbar wäre, die Exposition des jeweiligen Feldhasen-Standorts mit der zum Zeitpunkt der Kartierung vorherrschenden Windrichtung in Beziehung zu stellen. Allerdings bleiben auf diese Weise Verwirbelungen des Windes und die besondere Situation in geschützten Hangbereichen unberücksichtigt. Als sehr aufwendige Lösung müsste flächendeckend in den beobachteten Landschaftsteilen die kleinräumige Windsituation bei den verschiedenen Windrichtungen und –stärken kartiert werden. Erst dann könnte der Wind in individuenbezogenen Habitatmodellen sinnvoll berücksichtigt werden.

PFISTER *et al.* (2002) berücksichtigen in ihren Habitatmodellen die Variablen Bodentrockenheit und Lärm. Bezüglich der Bodentrockenheit ist jedoch eine lokale Affinität aufgrund des benutzten, groben Klimamodells in seiner Studie nicht nachweisbar. Vorstellbar

wäre eine Überprüfung des lokalen Habitatverhaltens von Feldhasen auf der Datenbasis der historischen Reichsbodenschätzung. Diese Datengrundlage bietet deutschlandweite, kleinparzellierte Informationen zu relevanten Bodenparametern und könnte somit auch eine mögliche lokale Präferenz von Feldhasen für bestimmte Bodeneigenschaften aufdecken. Zur Überprüfung des Einflusses von Lärm müssten die Lärmpegel entlang der Straßen während der Datenerhebungen aufgenommen werden.

Eine grundsätzliche Frage bei der Habitatnutzung von Wildtieren ist die nach dem Einfluss von Feindvermeidungsstrategien. Dieser Frage wurde in der vorliegenden Studie nur indirekt bei der Diskussion des möglichen Einflusses der verschiedenen Variablen nachgegangen. Bei vorhandener Fuchsbau-Kartierung hätte eine Variable „Distanz zu Fuchsbau“ berücksichtigt werden können. Weiterhin hätte auch eine Variable „Distanz zu Fuchs“ in die Modelle aufgenommen werden können, da während der nächtlichen Erfassungen auch Füchse berücksichtigt wurden. Allerdings sind beide Variablen nur geeignet, um den direkten Einfluss der Räuber auf das nächtliche Habitatverhalten der Feldhasen zu überprüfen. Indirekte Feindvermeidungsstrategien, wie beispielsweise die Meidung von Randstrukturen während der Nacht (vgl. BRESINSKI 1983, GOSZCZYNSKI 1985), könnten damit nicht sinnvoll überprüft werden. In der vorhandenen Literatur wurden Feindvermeidungsstrategien der Feldhasen ausschließlich auf der Ebene der indirekten Feindvermeidung diskutiert.

Grundsätzlich ist eine Vielzahl weiterer Variablen denkbar, die das Habitatverhalten von Feldhasen während der Nacht beeinflussen. Denkbar wäre ein unterschiedlicher Einfluss verschiedener Formen wildtierfreundlicher Maßnahmen. Hier könnten verschiedene Ansaatmischungen für Buntbrachen und Blühstreifen oder andere Naturschutzmaßnahmen wie Stoppelbrachen überprüft werden. ROEDENBECK & VOSER (2007) überprüften ebenso wie PFISTER *et al.* (2002) den direkten Landschaftsausschnitt im Umkreis eines jeden beobachteten Feldhasen auf verschiedene Diversitäts- bzw. Zerschneidungsparameter, um sie zur Erklärung der Habitatnutzung der Feldhasen zu nutzen. Während ROEDENBECK & VOSER (2007) einen Zusammenhang zwischen Fragmentierungsindizes der Landschaft und dem Habitatverhalten von Feldhasen nachweisen können, kommen PFISTER *et al.* (2002) zu keinen interpretierbaren Ergebnissen bezüglich der Diversitätsindizes. In der vorliegenden Studie hätten Diversitäts- und Zerschneidungsparameter die Unterschiede zwischen den untersuchten Landschaften deutlicher hervorheben können. Begriffe der „monotonen oder strukturreichen Landschaft“ hätten auf diese Weise deskriptiv beschrieben und anschließend bei der Modellierung berücksichtigt werden können. Mit Hilfe von Interaktionen könnte

möglicherweise unterschiedliches Verhalten der Feldhasen in unterschiedlichen Landschaften aufgezeigt werden. Beispielsweise ist es so denkbar, die unterschiedliche Bedeutung von Pflugäckern in monotonen Ackerbau Landschaften und in stark strukturierten Landschaften mit Hilfe der statistischen Analyse zu beschreiben.

Interaktionen wären weiterhin geeignet, um die Erkenntnisse über den Einfluss von benachbarten und angrenzenden Strukturen zu vertiefen. Mit ihnen könnte es beispielsweise möglich sein, die Bedeutung von Grünland in Siedlungsnähe oder die Bedeutung von Buntbrachen in Rapsnähe zu beschreiben. Über diesen Weg hätte ein Zusammenhang zwischen dem Tages- und dem Nachthabitat, oder zwischen der Deckungs- und der Nahrungsstruktur, noch deutlicher herausgestellt werden können.

Trotz der erweiterten Möglichkeiten, die mit Hilfe von Interaktionen denkbar sind, sollten sie nicht beliebig als Variablen in den Kandidatenmodellen verwendet werden. In Modellen, die nicht zur Prognose sondern zur Erklärung von Verhaltensweisen dienen, muss die Interpretierbarkeit der Ergebnisse gewährleistet sein. Aus diesem Grund ist vor der Modellbildung eine geeignete Auswahl zu berücksichtigender Interaktionen zu treffen. Dies kann mit Hilfe von Experten- und Literaturwissen geschehen. Um zeitlich und räumlich abhängige Effekte zu erkennen, kann es darüber hinaus sinnvoll sein, zunächst die Beobachtungen aus verschiedenen Untersuchungsgebieten und von verschiedenen Beobachtungszeitpunkten einzeln auszuwerten. Ein Vergleich der selektierten Modelle könnte dann auf Zusammenhänge zwischen dem Verhalten der Feldhasen und dem Aufnahmezeitpunkt bzw. dem Charakter der untersuchten Landschaft hinweisen. Für ein späteres Gesamtmodell kann auf diese Weise eine sinnvolle Auswahl von Interaktionen getroffen werden.

### **4.4 Schlussbetrachtung und Ausblick**

Die verschiedenen Ergebnisse zur Habitatnutzung von Feldhasen aus abgeschlossenen Studien sind fast so zahlreich wie die Studien selbst. Allerdings sind aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden die wenigsten Untersuchungen direkt miteinander vergleichbar. Die Ergebnisse der hier vorgestellten Arbeit verdeutlichen, dass neben Methodik und Aufnahmezeitpunkt vor allem die Art der untersuchten Landschaft die Habitatnutzung von Feldhasen beeinflusst. In unterschiedlich strukturierten Landschaften werden einzelne Strukturelemente der Landschaft mit unterschiedlicher Intensität bevorzugt oder gemieden. Im strukturreichen Untersuchungsgebiet Güntersleben werden die verschiedenen Deckungshabitate weniger präferiert als im strukturarmen Untersuchungsgebiet

Opferbaum. Hier sind Deckungsmöglichkeiten vergleichsweise selten, daher werden zum Beispiel auch Pflugfurchen als Ersatzhabitate genutzt. Entscheidend für die jeweilige Habitatnutzung ist offensichtlich das gewohnte Habitat und nicht ein einzelnes Strukturelement.

Gemein ist allen Ergebnissen, dass während der Nacht zunächst das eigentliche Nahrungshabitat durch Feldhasen präferiert wird. Hierbei spielen Wintergetreide und Raps die herausragende Rolle, in den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum auch Grünland. Erst nach dem Faktor Nahrungsverfügbarkeit beeinflusst die Nähe zu Deckungsstrukturen die nächtliche Habitatnutzung von Feldhasen. Im Gesamtmodell sind dies Buntbrachen, Waldränder und Gehölze, allerdings werden nur Buntbrachen in allen einzelnen Untersuchungsgebieten präferiert. Sie haben damit neben den Nahrungshabitaten den größten Einfluss auf die nächtliche Verteilung der Feldhasen. Diese Ergebnisse haben die beiden aufeinander folgenden Untersuchungsjahre gemein. Kleinräumige Habitatpräferenzen des Feldhasen ändern sich jedoch zwischen den Untersuchungsjahren durch die Fruchtfolge auf den landwirtschaftlichen Flächen. Die Vegetationsentwicklung auf den landwirtschaftlichen Flächen führt zu einer Änderung der Habitatnutzung im Verlauf von Herbst und Winter.

Die hier vorgestellte Aufnahme-Methodik führt zu Daten, die im Vergleich zur Scheinwerfertextation nicht durch die eigentliche Aufnahme beeinflusst sind und bei der die Feldhasen in einem genau definierten Raum nahezu vollständig aufgenommen werden. Die nächtliche Habitatwahl in einem Untersuchungsgebiet kann mit dieser Methode gut untersucht werden, bei zukünftigen Untersuchungen sollte die Erfassungsdistanz allerdings auf 300 m begrenzt werden. Über den Tagesaufenthalt der Feldhasen können mit Hilfe der Methodik allerdings nur Annahmen getroffen werden, außerdem wird ausschließlich die nächtliche Habitatnutzung der Feldhasen in den vollständig einsehbaren Landschaftsteilen analysiert. Diese Einschränkungen wären bei Untersuchungen mittels Telemetrie nicht vorhanden. Allerdings basieren deren Untersuchungen nur auf der Beobachtung einzelner Individuen und nicht eines Großteils einer Population.

Die Ergebnisse der Studie provozieren auch vor dem Hintergrund der vielfältigen Literatur die Frage, inwieweit umfangreiche Freilandstudien zur Habitatnutzung beim Feldhasen sinnvoll sind. In jedem Fall lassen individuenbasierte Studien zur Habitatnutzung des Feldhasen nur lokale Aussagen zu. Erst der Vergleich verschiedener Untersuchungsgebiete führt zu allgemeingültigen Aussagen. Dies muss bei zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden. Je nach deren Fragestellung sollte geprüft werden, ob

Freilanduntersuchungen wie Telemetry oder empirische Studien, wie Taxation mittels Wärmebildkamera, Scheinwerfertauction, road-counts oder Jagdstreckenanalysen als Methode geeigneter sind. Gerade die beiden letztgenannten Verfahren erlauben, aufgrund des deutlich geringeren Erfassungsaufwandes größere Gebiete bzw. längere Zeiträume abzudecken. Alternativ können laborexperimentelle Ansätze vor allem für die Hypothesenfindung, zum Beispiel im Hinblick auf die Nahrungspräferenzen von Feldhasen, von Bedeutung sein. Einen großen Fortschritt bei der Untersuchung von Habitatwahl und Habitatnutzung von Feldhasen würde der Einsatz von GPS-Telemetry bei einer hohen Individuen-Anzahl, die auf großem Raum oder in gänzlich verschiedenen Lebensräumen beobachtet wird, bedeuten. Damit ließe sich auch die in Kapitel 4.2.2 formulierte Hypothese überprüfen, dass Feldhasen selbst in lokalen Populationen quasi Subpopulationen mit unterschiedlicher Habitatwahl bilden.

Ein besonderes Interesse sollte bei zukünftigen Untersuchungen dem Einfluss des Windes und indirekter Feindbermeidungsstrategien auf die Habitatnutzung von Feldhasen gelten. In jedem Fall ist die möglichst exakte Beschreibung der untersuchten Landschaften am jeweiligen Erfassungstag wichtig. Dabei spielt der Bearbeitungs- bzw. Vegetationszustand der landwirtschaftlichen Flächen eine ebenso wichtige Rolle wie die genaue Kartierung und Differenzierung von Kleinstrukturen. Ein Zusammenlegen von Strukturen, wie im vorliegenden Fall bei den Ruderalflächen, führt zu nicht interpretierbaren Ergebnissen. Letztendlich führt auch die gemeinsame Analyse von Daten aus verschiedenen Erfassungsterminen und verschiedenen Untersuchungsgebieten zu einer Überlagerung zeitlicher und räumlicher Effekte auf die nächtliche Verteilung von Feldhasenpopulationen und damit auch zu einer geringen Erklärungsgüte der Modelle. Bei zukünftigen Modellierungen sollten daher über die multitemporale Modellbildung hinaus der Faktor Zeit und der Faktor Landschaftsstruktur in Form von beispielsweise Diversitätsparametern unter Berücksichtigung von Interaktionen als potentielle erklärende Variablen in die Modelle aufgenommen werden.



## **5 Zusammenfassung**

Die vorliegende Studie untersucht die nächtliche Habitatnutzung von Feldhasen in drei unterschiedlichen Habitaten. Während das Untersuchungsgebiet Opferbaum stark ackerbaulich geprägt und entsprechend strukturarm ist, zeichnet sich das Untersuchungsgebiet Güntersleben mit Strukturreichtum insbesondere durch das Vorkommen von Gehölzen, Buntbrachen und Waldrändern aus. Das Untersuchungsgebiet Fritzlar besitzt einen waldrandgeprägten Landschaftsteil mit Gehölzen und häufigem Grünland sowie einen ackerbaulich intensiv genutzten, strukturarmen Landschaftsteil. Der Frühjahrsbesatz an Feldhasen, der im Rahmen des Projektes „Lebensraum Brache“ in den Untersuchungsgebieten per Scheinwerfertextation ermittelt wurde, beträgt in Fritzlar etwa 10 Feldhasen pro 100 ha, in Güntersleben etwa 20 Feldhasen pro 100 ha und in Opferbaum etwa 50 Feldhasen pro 100 ha.

Um die nächtlichen Aufenthaltsorte einer möglichst hohen Anzahl von Feldhasen mit wenig Beeinflussung durch die Erfassungsmethode kartieren zu können, wurde eine Methode mittels Wärmebildtechnik entwickelt. Die Datenerhebung geschah in den Zeiträumen September 2004 bis April 2005 und September 2005 bis April 2006. In jedem der Untersuchungsgebiete wurden in dieser Zeit einmal monatlich stets die gleichen sogenannten Festpunkte etwa eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang angefahren. Von diesen wurden die umliegenden Landschaftsbereiche mit Hilfe einer Wärmebildkamera abgesucht und beobachtete Feldhasen in Arbeitskarten (Maßstab max. 1:12.000) eingezeichnet. Zur besseren Orientierung waren in die Arbeitskarten auch Landmarken wie Strommasten oder Solitärbäume eingezeichnet. Eine Kartierung der Flächennutzungstypen der von den Festpunkten einsehbaren Landschaftsteile geschah unmittelbar vor jedem Erfassungstermin bei Tageslicht.

Ausgehend von der Annahme, dass sich Tiere nicht zufällig im Raum bewegen, wurde den kartierten Feldhasen (Präsenz-Punkte) im GIS eine zufällige Punktverteilung im beobachteten Landschaftsraum gegenüber gestellt (Pseudo-Absenz-Punkte). Für jeden dieser Punkte wurden bis zu 20 Variablen berechnet, die aufgrund von Literaturhinweisen geeignet erschienen, das Habitatverhalten von Feldhasen zu erklären. Mit Ausnahme der Größe des Schlages, auf dem sich der Feldhase zum Zeitpunkt der Beobachtung befand, handelte es sich bei diesen Variablen ausschließlich um Minimaldistanzen zu verschiedenen Strukturelementen der Landschaft. Die Analyse der Daten geschah mit Hilfe von logistischer Regression. In Generalisierten Linearen Modellen (GLM) wurde dabei die binomiale Verteilung der Zielvariablen (*1 für Präsenz* und *0 für Pseudo-Absenz*) mit einer logit-Link-

Funktion modelliert. Der Zusammenhang der Variablen mit dem nächtlichen Aufenthaltsort von Feldhasen wurde zunächst in einer univariaten Analyse ebenfalls mit Hilfe von logistischer Regression beschrieben. Anschließend wurden multivariate Modelle für die einzelnen Untersuchungsgebiete und je ein Modell für beide Untersuchungsjahre selektiert. Zeitliche Aspekte der Habitatnutzung von Feldhasen im Verlauf des Herbstes und Winters wurden mit Hilfe einer multitemporalen Modellbildung für zusammengefasste Zwei-Monats-Zeiträume untersucht. Die Modellselektion für multivariate Modelle geschah mit Hilfe des Akaike Information Criterion (AIC).

Insgesamt wurden 8.303 Standorte von Feldhasen kartiert. 4.494 entfielen auf das Untersuchungsgebiet Opferbaum, 2.418 Feldhasen auf Güntersleben und 1.391 auf Fritzlar. Ihre univariate Analyse zeigt eine deutliche Meidung von Verkehrs- und Siedlungsstrukturen. Waldränder, Gehölze, Buntbrachen und Grünland werden in den Untersuchungsgebieten Fritzlar und Opferbaum bevorzugt, in Güntersleben werden die zwei letzteren gemieden. Feldhasen bevorzugen in allen drei untersuchten Landschaften Raps und Wintergetreide. Gepflügte Schläge werden im Untersuchungsgebiet Opferbaum präferiert, im Untersuchungsgebiet Güntersleben wiederum gemieden.

Die multivariaten Modelle der einzelnen Untersuchungsgebiete zeigen zunächst die besondere Bevorzugung der Nahrungshabitate Wintergetreide und Raps bei der nächtlichen Habitatnutzung von Feldhasen. In Fritzlar und Opferbaum wird auch Grünland als Nahrungshabitat stark bevorzugt. Nach dem Nahrungshabitat wird von Feldhasen in allen Untersuchungsgebieten die Nähe zu potentiellen Deckungshabitaten bevorzugt. Im Gegensatz zu Waldrändern und Gehölzen werden dabei Buntbrachen in allen Untersuchungsgebieten als bevorzugte Variable in das selektierte Modell aufgenommen. Besonders Verkehrswege und Siedlungen werden gemieden, Ausnahme ist eine hochsignifikante Bevorzugung von Siedlungsbereichen im Untersuchungsgebiet Güntersleben. Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsjahre sind vor allem bei dem Einfluss des Nahrungshabitats (Raps, Wintergetreide, Grünland) ähnlich, der Einfluss einzelner Deckungshabitate ändert sich jedoch mitunter. Teilweise gegensätzliche Ergebnisse der Präferenz von Nahrungs- und Deckungshabitaten zeigt die multitemporale Modellierung der Zwei-Monats-Zeiträume zwischen Untersuchungsgebieten. Letztere zeigen aber nur geringe Veränderungen im Raumverhalten von Feldhasen im Verlauf des Winterhalbjahres. Allen selektierten Modellen gemein ist ihre sehr geringe Erklärungsgüte von weniger als 5 % der vorhandenen Datenvarianz.

Die Eignung der entwickelten Aufnahmemethodik und die Ergebnisse werden anhand der umfangreichen Literatur diskutiert. Die nächtliche Kartierung von Feldhasen ist mit einer Wärmebildkamera effektiv möglich, für zukünftige Untersuchungen wird eine maximale Erfassungsdistanz von 300 m empfohlen. Von besonderer Bedeutung ist die präzise Flächennutzungskartierung der beobachteten Landschaftsteile unmittelbar vor jedem Erfassungstermin.

Das unterschiedliche Angebot an Deckungs- und Nahrungshabitaten in den Untersuchungsgebieten ist von großer Bedeutung für die jeweilige Habitatnutzung der Feldhasen. Durch die landwirtschaftliche Fruchtfolge bedingte strukturelle Veränderungen des Habitats zwischen den Untersuchungsjahren verändern ebenso die kleinräumige Habitatnutzung von Feldhasen wie die Veränderungen der landwirtschaftlichen Schläge im Verlauf des Herbstes und Winters. Das opportunistische Habitatverhalten von Feldhasen erschwert dabei die Beobachtung von speziellem Habitatverhalten. Dies zeigt auch ein Blick auf die zum Teil gegensätzlichen Ergebnisse bereits veröffentlichter Studien. Verschiedene Beobachtungen weisen darauf hin, dass sich selbst innerhalb der Population eines Untersuchungsgebietes der individuell genutzte Lebensraum stark unterscheidet.

Die zum Teil gegensätzlichen Ergebnisse werden auch vor dem Hintergrund potentieller Fehlerquellen der Aufnahme- und Auswertungsmethodik und einem möglichen Einfluss vernachlässigter Variablen bzw. Interaktionen diskutiert. Dabei stellt sich die Frage nach grundsätzlichen Konsequenzen für zukünftige Untersuchungen. Die unterschiedliche Habitatnutzung des Feldhasen in unterschiedlichen Habitaten muss dabei sowohl bei der Wahl der Methodik als auch bei der Wahl der Gebietskulisse berücksichtigt werden. Erst der Vergleich verschiedener Untersuchungsgebiete führt zu allgemeingültigen Aussagen.

## **Danke!**

Diese Arbeit entstand über einen Zeitraum von sieben Jahren, in vier Städten und an sechs Schreibtischen! Entsprechend groß ist die Zahl derer, die mir im Laufe der Jahre bei dem einen oder anderen Detail zur Seite standen oder aber ganz wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen. In letzter Zeit häufte sich vor allem die Zahl der Menschen, die mir regelmäßig einen Tritt auf die, wie man beim Feldhasen sagen würde, „Blume“ verpassten, damit ich doch endlich fertig werde. Schon jetzt möchte ich mich daher entschuldigen, dass hier nicht jeder genannt werden kann der es verdient hätte - es ist nicht böse gemeint.

Ein herzliches Dankeschön möchte ich meinen beiden Gutachtern sagen. Professor Herzog hat sich ohne Zögern der Thematik angenommen, Professor Pohlmeier danke ich vor allem für sein Zutrauen, das er mir im Verlauf der letzten Jahre gegeben hat. Ein besonderer Dank für wertvolle Hinweise vor allem im Bereich der Statistik gilt Professor Christoph Kleinn und Axel Buschmann von der Abteilung Waldinventur und Fernerkundung der Forstlichen Fakultät in Göttingen. Dr. Egbert Strauß vom IWFO danke ich für viele ebenso kontroverse wie fruchtbare Diskussionen über die Feldhasenerfassung und Anregungen zur Datenanalyse. Dr. Thomas Gehle hat mich 2003 auf wackeligen Beinen in die Spur gesetzt und mir erstes wildbiologisches Rüstzeug an die Hand gegeben. Ossi Rumpel danke ich stellvertretend für alle Revierinhaber, dass ich in ihren Revieren Feldhasen erfassen durfte.

Hoffnungslos verloren wäre ich als Niedersachse in Unterfranken gewesen, hätte es nicht Familie Kuhn gegeben. Barbara und Werner Kuhn danke ich nicht nur dafür, dass sie mich dem Frankenwein näher brachten, sondern vor allem für die freundschaftliche Aufnahme in ihr Familienleben. Herrn Joachim Wadsack danke ich für die Unterstützung und das Öffnen so mancher Tür. Herrn Dr. Lehmann-Tolkmitt danke ich stellvertretend für die Deutsche Delegation im CIC für die finanzielle Unterstützung und für den Zuspruch in den vergangenen Jahren. Stellvertretend für alle Menschen, die mir regelmäßig den erwähnten Tritt verpassten, danke ich zum einen Baron Münchhausen, der es mir glücklicherweise nicht übel genommen hat, dass sich der Abschluss dieser Arbeit immer weiter hinausgezögert hat. Zum anderen danke ich dafür aber Dir mein lieber Schatz. Genau so viel Spaß, wie es Dir gemacht hat mich zum Abschluss zu treiben, wird es mir allerdings nun umgekehrt bereiten!

Abschließend möchte ich meinen Eltern von Herzen dafür danken, dass sie irgendwann nicht mehr gefragt haben, wann ich denn endlich fertig sei und dabei die Hoffnung nie aufgegeben haben. Dazu gehört Größe und Vertrauen. Und dafür danke ich Euch vor allem!

## 6 Literatur

- ADLER, G. & WILSON, M. (1985): Small mammals on massachusetts islands: the use of probability functions in clarifying biogeographic relationships. *Oecologia* 66: 178-186.
- AEBISCHER, N.J.; ROBERTSON, P.A. & KENWARD, R.E. (1993): Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74: 1313-1325.
- AHRENS, A. (1990): Zur Verteilung von Feldhasen bei der Besatzermittlung auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 17: 122-130.
- AHRENS, M. (1996): Untersuchungen zu Einflussfaktoren auf die Besatzerentwicklung bei Feldhasen in verschiedenen Gebieten Sachsen-Anhalts. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 21: 229-235.
- AHRENS, M.; GORETZKI, J.; STUBBE, C. & TOTTEWITZ, F. (1995): Die Scheinwerferzählung als Methode zur Ermittlung der Populationsdichte beim Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778). *Methoden feldökologischer Säugetierforschung* 1: 39-44.
- AHRENS, M. & KOTTWITZ, S. (2007): Feldhasenprojekt Sachsen-Anhalt: Ergebnisse der Felduntersuchungen. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 22: 49-62.
- ANDREAS, U. (1990): Untersuchung zur nächtlichen Verteilung von Feldhasen (*Lepus europaeus*) während des Frühjahrs und Frühsommers im Leinetal Göttingen. Diplomarbeit an der Universität Göttingen.
- ANGELICI, F.M.; RIGA, F.; BOITANI, L. & LUISELLI, L. (1999): Use of dens by radiotracked brown hares *Lepus europaeus*. *Behavioural Processes* 47: 205-209.
- AUSTIN, G. E.; THOMAS, C. J.; HOUSTON, D. C. & THOMPSON, D. B. (1996): Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using a GIS and remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 33: 1541-1550.
- BAKALOUDIS, D.E.; VLACHOS, C.G.; CHATZINIKOS, E.; BONTZORLOS, V.A. & PAPAKOSTA, M. (2009): European Hare (*Lepus europaeus*) density response in mediterranean ecosystems. In: *Proceedings of the XXIX International Union of Game Biologists Congress* (Hrsg.), 17-22.08.2009, Moscow.
- BALCOM, B. J. & YAHNER, R. H. (1996): Microhabitat and landscape characteristics associated with the threatened Allegheny woodrat. *Conservation biology* 10(2): 515-525.
- BARNES, R.F.W. & TAPPER, S.C. (1985): A method of counting hares by spotlight. *Journal of Zoology (London)* 206: 273-276.
- BARNES, R.F.W.; TAPPER, S.C. & WILLIAMS, J. (1983): Use of pastures by brown hares (*Lepus europaeus*). *Journal of Applied Ecology* 20: 179-186.
- BARTEL, M.; GRAUER, A.; GREISER, G.; HOFFMANN, D.; KLEIN, R.; NÖSEL, H.; STRAUß, E. & WINTER, A. (2005): Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands, Status und Entwicklung ausgewählter Wildtierarten in Deutschland (2002-2004). *Jahresbericht 2004*, Deutscher Jagdschutz-Verband e.V. (Hrsg.), Bonn.
- BARTEL, M.; GRAUER, A.; GREISER, G.; KLEIN, R.; MUCHIN, A.; STRAUß, E.; WENZELIDES, L. & WINTER, A. (2006): Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands, Status und Entwicklung ausgewählter Wildtierarten in Deutschland (2002-2005). *Jahresbericht 2005*, Deutscher Jagdschutz-Verband e.V. (Hrsg.), Bonn.
- BASSI, M. (2003): Habitat-Modelle in der Wildökologie. Diplomarbeit am Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien.

- BAUMANN, M. (2003): „Pflugfurchenprojekt“ zur Förderung des Feldhasen in der Solothurner Witi. Bericht 2001-2003, Jagd & Fischerei, Kt. Solothurn.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (LWG) (2005): Mit Biotopverbund in die Kulturlandschaft des neuen Jahrtausends. Endbericht zum Forschungsvorhaben - Ordnungsnummer A/00/12.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (1999): Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern, Landkreis Würzburg - aktualisierter Textband. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Rosenkavalierplatz 2, 81925 München.
- BIEDERMANN, R. (2003): Body size and area-incidence relationships: is there a general pattern? *Global Ecology and Biogeography* 12 (5): 381-388.
- BLASCHKE, T. (1997): Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen. *Forschungen zur Dt. Landeskunde* Bd. 243.
- BOONSTRA, R.; KREBS, C.; BOUTIN, S. & EADIE, J.M. (1994): Finding mammals using far-infrared thermal imaging. *Journal of Mammalogy* 75 (4): 1063-1068.
- BOYCE, M.S.; PIERRE, R.; VERNIER, B.; SCOTT, E.; NIELSEN, A.; FIONA, K.A. & SCHMIEGELOW, C. (2002): Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling* 157: 281-300.
- BRESINSKI, W. (1983): The effect of some habitat factors on the spatial distribution of a hare population during winter. *Acta Theriologica* 28: 435-442.
- BROEKHUIZEN, S. & MAASKAMP, F. (1982): Movement, home range and clustering in the European hare (*Lepus europaeus* PALLAS) in the Netherlands. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 47: 22-32.
- BRÜLL, U. (1976): Nahrungsbiologische Studien am Feldhasen in Schleswig-Holstein. Ein Beitrag zur Äsungsverbesserung. In: PIELOWSKI Z. & PUCEK, Z. (eds): *Ecology and Management of European Hare Populations*. Polish Huiting Association: 16-35 Warsaw.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (Hrsg.) (2002): Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung. Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 73, Bonn Bad-Godesberg.
- BÜRGENER, M. (1963): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 111 Arolsen. Bad Godesberg. <http://atlas.umwelt.hessen.de>.
- BURNHAM, K. P. & ANDERSON, D.R. (1998): *Model selection and inference: A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York, USA.
- CHAPUIS, J.L. (1990): Comparison of the diets of two sympatric lagomorphs *Lepus europaeus* (P.) and *Oryctolagus cuniculus* (L.) in an agroecosystem of the Île-de-France. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 55: 176-185.
- CIARNIELLO, L.M.; BOYCE, M.S. & BEYER, H. (2003): Resource selection function model for the plateau landscape of the parsnip Grizzly Bear projekt (an update for 2003). Department of Biological Science, University of Alberta, Edmonton, Alberta.
- DAVIS, A. J.; JENKINSON, L. S.; LAWTON, J. H.; SHORROCKS, B. & WOOD, S. (1998): Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. *Nature* 391: 783-786.

- DEUTSCHER JAGDSCHUTZ-VERBAND (Hrsg.) (2003): Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands (WILD). Projekthandbuch, 1. Aufl., Bonn.
- D'OLEIRE-OLTMANN, W. (1991): Verteilungsmuster von Tierarten oder -gruppen im Nationalpark Berchtesgaden. In: Laufener Seminarbeiträge 7/91, 68-72, Laufen.
- DORMANN, C.F.; BLASCHKE, T.; LAUSCH, A.; SCHRÖDER, B. & SÖNDGERATH, D. (Hrsg.)(2004): Habitatmodelle – Methodik, Anwendung, Nutzen. Tagungsband zum Workshop vom 8.-10. Oktober 2003 am UFZ Leipzig, UFZ-Berichte 9/2004.
- DURNER, G.M.; AMSTRUP, S.C.; NIELSON R.M. & McDONALD, T.L. (2004): Using discrete choice modeling to generate resource selection functions for female polar bears in the Beaufort Sea. 107-120. In: HUZUBAZAR, S. (ed.): Resource Selection Methods and Applications. Proceedings of the 1st International Conference on Resource Selection, Laramie, Wyoming, January 13-15, 2003. Western EcoSystems Technology, Inc., Cheyenne, Wyoming, USA.
- ELITH, J.; GRAHAM, C.H.; ANDERSON, R.P.; DUDÍK, M.; FERRIER, S.; GUISAN, A.; HIJMANS, R.J.; HUETTMANN, F.; LEATHWICK, J.R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L.G.; LOISELLE, B.A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; MCC. OVERTON, J.; TOWNSEND PETERSON, A.; PHILLIPS, S.J.; RICHARDSON, K.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R.E.; SOBERO'N, J.; WILLIAMS, S.; WISZ M.S. & ZIMMERMANN, N.E. (2006): Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- FAHRIG, L. & JOHNSON, I. (1998): Effect of patch characteristics on abundance and diversity of insects in an agricultural landscape. *Ecosystems* 1: 197-205.
- FAHRMEIR, L.; KNEIB, T. & LANG, S. (2007): Regression -Modelle, Methoden und Anwendungen. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- FEEMERS, A. (1998): Untersuchungen zur nächtlichen Verteilung von Feldhasen in Abhängigkeit zur Flächennutzung und Flächengröße in den Monaten Januar bis März. Diplomarbeit am Institut für Forstpolitik, Forstgeschichte und Naturschutz der Uni Göttingen.
- FERRETTI, M.; PACI, G.; PORRINI, S.; GALARDI, L. & BAGLIACCA, M. (2010): Habitat use and home range traits of resident and relocated hares (*Lepus europaeus*, PALLAS). *Italian Journal of Animal Science* 2010 (9:e54): 278-284.
- FERRETTI, M.; PACI, G.; PORRINI, S.; GIUZIO, A.; MOZZONI, G. & BAGLIACCA, M. (2008): Home range landscape structure of European hares (*Lepus europaeus* PALLAS) in a hilly area of Tuscany. In: ANSORGE, H.; WÖHRMANN-REPENNING, A. & HACKLÄNDER, K. (Hrsg.): 82nd Annual Meeting of the German Society of Mammalogy. *Mammalian Biology* 73: 4-45.
- FISCHBECK, I. & RIEGER, A. (2001): Untersuchungen der Populationsdichte vom Feldhasen (*Lepus europaeus*) im Frühjahr und Herbst 1999 in Abhängigkeit zu den Habitatsparametern im norddeutschen Raum. Diplomarbeit am Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen.
- FOCARDI, S.; DE MARINIS, A.; RIZZOTTO, M. & PUCCI, A. (2001): Comparative Evaluation of thermal infrared imaging and spotlighting to survey wildlife. *Wildlive Society Bulletin* 29 (1): 133-139.

- FRANKE, U. (2004): Technische Erprobung der artspezifischen und quantitativen Erfassung von Schalenwild durch kostengünstige, luftgestützte IR-Aufnahmesysteme aus Leichtflugzeugen. Diplomarbeit an der FH Bingen.
- FRYLESTAM, B. (1981): Estimation by spotlight the population density of the European hare. *Acta Theriologica* 26: 419-423.
- FRYLESTAM, B. (1986): Agricultural land use effects on the winter diet of Brown Hares (*Lepus europaeus*) in southern Sweden. *Mammal Review* 16: 157-161.
- FRYLESTAM, B. (1992): Utilization by brown hares of field habitats and complementary food strips in southern Sweden. In: BOBEK, B.; PERZANOWSKI, K. & REGELIN, W. (eds): Global trends in wildlife management. Trans. 18th IUGB Congress, Krakow 1987, Krakow-Warszawa 1992, Swiat-Press: 259-261.
- FULGIONE, D.; MASELLI, V.; PAVARESE, G.; RIPPA, D. & RASTOGI, R.K. (2009): Landscape fragmentation and habitat suitability in endangered Italian hare (*Lepus corsicanus*) and European hare (*Lepus europaeus*) populations. *European Journal of Wildlife Research* 55 (4).
- GENGHINI, M. & CAPIZZI, D. (2005): Habitat improvement and effects on brown hare *Lepus europaeus* and roe deer *Capreolus capreolus*: a case study in northern Italy. *Wildlife Biology* 11(4): 319-329.
- GOSZCZYNSKI, J. (1985): The effect of structural differentiation of ecological landscape on the predator-prey interaction. *Rozprawy naukowe i Monografie SGGW-AR, Warszawa* 46: 1-80.
- GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- GUISAN, A.; EDWARDS, JR., T.C. & HASTIE, T. (2002): Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157 (2-3): 8-100.
- GRAUER, A.; GREISER, G.; HEYEN, B.; KLEIN, R.; MUCHIN, A.; STRAUß, E.; WENZELIDES, L. & WINTER, A. (2008): Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands. Status und Entwicklung ausgewählter Wildtierarten in Deutschland. Deutscher Jagdschutz-Verband e.V. (Hrsg.), Bonn.
- HACKLÄNDER, K. (2002): Feldhasen in der Kulturlandschaft: Die Bedeutung von Brachen für Nahrungsökologie, Energiehaushalt und Populationsdynamik. Projekt-Beschreibung zum Forschungspreis der Deutschen Wildtier Stiftung 2001; Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie (FIWI) Veterinärmedizinische Universität Wien.
- HACKLÄNDER, K., REICHLIN, T. & KLANSEK, E. (2005): The impact of set-asides on diet availability for European hares (*Lepus europaeus*) in arable land. In: POHLMAYER, K. (Hrsg.): Extended Abstracts of the XXVIIth Congress of the International Union of Game Biologists, Hannover 2005, DSV-Verlag, ISBN 3-88412-431-5, Hamburg: 222-222.
- HACKLÄNDER, K. (2006): Lebensraum Agrarlandschaft für den Feldhasen. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): 12. Österreichische Jägertagung, 14. und 15. Februar 2006, A-8952 Irdning: 29-32.
- HANSEN, K. (1995): European hare (*Lepus europaeus*) time budget of nine different nocturnal activities in a Danish farmland. In: BOTEV, N. (ed.): Proc XXII IUGB Congress, Sofia, Bulgaria: 167-173.



- HASTIE, T.J. & TIBSHIRANI, R. J. (1990): Generalized additive models. Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman & Hall, London-Glasgow-Weinheim.
- HOFFMANN, D. (2003): Populationsentwicklung und -dynamik des Feldhasen in Schleswig-Holstein im Beziehungsgefüge von Klima, Prädation und Lebensraum. Dissertation an der Universität Trier.
- HOLLEY, A.J.F. (2001): The daily activity period of the brown hare (*Lepus europaeus*). Mammalian Biology 66: 357-364.
- HOLZGANG, O.; HEYNEN, D. & KÉRY, M. (2005): Rückkehr des Feldhasen dank ökologischem Ausgleich? Schriftenreihe der FAL 56: 150-160.
- HOMOLKA, M. (1985): Spatial Activity of Hares (*Lepus europaeus*). Folia Zoologica 34 (3): 217-226.
- HOMOLKA, M. (1986): Daily activity pattern of the European Brown Hare (*Lepus europaeus*). Folia Zoologica 35 (1): 33-42.
- HOMOLKA, M.; ZEJDA, J.; BAUEROVA, Z.; KOZENA, I. & NESVADBODA, J. (1988): Importance of windbreaks for *Lepus europaeus* and *Capreolus capreolus*. Folia Zoologica 31: 17-25.
- HOSMER, D.W. & LEMESHOW, S. (2000): Applied logistic regression. Wiley, New York.
- HUETTMANN, F. & LINKE, J. (2003a): An automated method to derive habitat preferences of wildlife in GIS and telemetry studies: A flexible software tool and examples of its application. European Journal of Wildlife Research 49: 219-232.
- HUETTMANN, F. & LINKE, J. (2003b): Assessment of Different Link Functions for Modeling Binary Data to Derive Sound Inferences and Predictions. International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA 2003), Computational and Methodological Developments in Spatial Analysis in GIS, Proceedings Montreal May 2003, Geography Department, University of Calgary.
- JENNINGS, N.V.; HARRIS, S.; WHITE, P. & ROBINSON, T. (2002): Integrating farm management practices with *Lepus europaeus* conservation in pastoral landscapes. A five-year study 1997-2002. <http://www.bio.bris.ac.uk/research/mammal/hare1/html>.
- JENNINGS, N.V.; SMITH, R.K.; HACKLÄNDER, K.; HARRIS, S. & WHITE, P.C.L. (2006): Variation in demography, condition and dietary quality of hares *Lepus europaeus* from high-density and low-density populations. Wildlife Biologie 12: 189-189.
- JEZISKI, W. (1973): Environmental conditioning of the space structure and shyness in hares (*Lepus europaeus*). Ekol. pol. 21: 1-12.
- JOHNSON, C.J.; NIELSEN, S.E.; MERRILL, E.H.; McDONALD, T. L. & BOYCE, M.S. (2006): Resource Selection Functions Based on Use-Availability Data: Theoretical Motivation and Evaluation Methods. Journal of Wildlife Management 70 (2): 347-357 .
- JOHNSON, C.J.; SEIP, D.R. & BOYCE, M.S. (2004): A quantitative approach to conservation planning: using resource selection functions to map the distribution of mountain caribou at multiple spatial scales. Journal of Applied Ecology 41: 238-251.
- JOHNSON, D.H. (1980): The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. Ecology 61: 65-71.

- KAMMERER, E. (1981): Bestimmung der Quantität und Qualität der aufgenommenen Äsung und Rückschluss auf die Größe des Tagesaktivitätsraumes des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) im Waldviertel (Raum Schrems). Inaugural- Dissertation an der Universität in Wien.
- KARMIRIS, I.E. & NASTIS, A.S. (2006): Intensity of livestock grazing in relation to habitat use by brown hares ( *Lepus europaeus*). Journal of Zoology 271 (2): 193-197.
- KILIAS, H. & ACKERMANN, W. (2001): Zur Bestandessituation des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) in Bayern. Zeitschrift für Jagdwissenschaften 47: 111-124.
- KLAGES, I. (2004): Untersuchungen zu potentiellen Fehlerquellen während der Scheinwerfertextationen des Feldhasens (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778). Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Universität Hannover, angefertigt am Institut für Wildtierforschung a.d. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- KLAUSING, O. (1988): Die Naturräume Hessens. Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt 67, Wiesbaden 1988.
- KLINK, H.-J (1969): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 112 Kassel. - Bonn-Bad Godesberg 1969. <http://atlas.umwelt.hessen.de>.
- KÖHLER, D. (2008): Beobachtungen zur Urbanisierung des Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Berlin - ein weiteres Beispiel für seine Anpassungsfähigkeit. Säugetierkundliche Informationen 6: 233-255.
- KOVACS, C. & BUZA, C. (1992): Home range size of the brown hare in Hungary. In: BOBEK, B.; PERZANOWSKI, K. & REGELIN, W. (eds): Global trends in wildlife management. Trans. 18th IUGB Congress, Krakow 1987, Krakow-Warzawa 1992, Swiat-Press: 267-270.
- KRETSCHMAR, H.; PFEFFER, H.; HOFFMANN, J.; SCHRÖDL, G. & FUX, I. (1995): Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands. Bedeutung für den Biotop und Artenschutz. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung, ZALF-Bericht 19, Müncheberg.
- KUHN, W. & KLEYER, M. (1999): A statistical habitat model for the blue winged grasshopper (*Oedipoda caerulescens*) considering the habitat connectivity. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 4: 207-218.
- LAMOUROUX, N. & CAPRA, H. (2002): Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. Freshwater Biology 47(8): 1543-1556.
- LANGBEIN, J.; HUTCHINGS, M.R.; HARRIS, S.; STOATE, C.; TAPPER, S.C. & WRAY, S. (1999): Techniques for assessing the abundance of Brown Hares *Lepus europaeus*. Mammal Review 29: 93-116.
- LEGIT, J. (2008): Auswirkung von Verkehrswegen auf das Raumnutzungsverhalten von Feldhasen (*Lepus europaeus*) in einem Agrarlebensraum. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Universität Hannover, angefertigt am Institut für Wildtierforschung a.d. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- LEWANDOWSKI, K. & NOWAKOWSKI, J.J. (1993): Spatial distribution of brown hare (*Lepus europaeus*) populations in habitats of various types of agriculture. Acta Theriologica 38: 435-442.

- LUNDSTROEM-GILLIÉRON, C. & SCHLAEPFER, R. (2003): Hare abundance as an indicator for urbanisation and intensification of agriculture in Western Europe. *Ecological Modelling* 168: 283-301.
- LUTZE, G.; WIELAND, R. & SCHULTZ, A. (1998): Habitatmodelle: Instrumente zur integrativen Abbildung und Analyse von Lebensraumansprüchen mit direktem Bezug zur Landschaftsstruktur und zur Landnutzung. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg e.V., Institut für Landschaftsmodellierung, AGIT Salzburg.
- MANLY, B.F.J.; McDONALD, L.L. & THOMAS, D.L. (1993): *Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Chapman and Hall, London.
- MARBOUTIN, E. & AEBISCHER, N.J. (1996): Does harvesting arable crops influence the behaviour of the European hare *Lepus europaeus*? *Wildlife Biology* 2: 83-91.
- MARBOUTIN, E. & PEROUX, R. (1999): Some aspects of the spatial distribution of hares (*Lepus europaeus*) at night. *Subito -Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.* 16 (2): 143-156.
- MASSOLO, A. & MERIGGI, A. (1998): Factors affecting habitat occupancy by wolves in northern Apennines (northern Italy): a model of habitat suitability. *Ecography* 21 (2): 97-107.
- MATUSZEWSKI, G. (1981): Circadian activity of European hares in spring on the Kampinos forest border. In: K.MYERS & C.D. MCINNES (eds). *Proceedings of the World Lagomorph Conference*. Gland 1981: 357-365.
- MACDONALD, D.W.; TATTERSALL, F.H.; SERVICE, K.M.; FIRBANK, L.G. & FEBER, R.E. (2007): Mammals, agri-environment schemes and set-aside – what are the putative benefits? *Mammal Review* 37 (4): 259-277.
- MCDONALD, T.L. (2003): Estimation of resource selection functions when used and available samples overlap. Western EcoSystems Technology, USA.
- MEISEL, S. (1959): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 98 Detmold. - Remagen 1959. <http://atlas.umwelt.hessen.de>.
- MENARD, S. (2000). Coefficients of determination for multiple logistic regression. *American Statistician* 54: 17-24. In: DORMANN, C.F. & KÜHN, I. (2008): *Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften*. 2. durchgesehene, aktualisierte, überarbeitete und erweiterte Auflage, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung-UFZ, 31. März 2008.
- MERIGGI, A. & VERRI A. (1990): Population dynamics and habitat selection of the European hare (*Lepus europaeus* P.) on an area of monocultures of northern Italy. *Acta Theriologica* 35: 69-76.
- MERIGGI, A. & ALIERI, R. (1992): The influence of environmental variables on the density of hares in protected areas of Northern Italy. In: BOBEK, B.; PERZANOWSKI, K. & REGELIN, W. (eds): *Global trends in wildlife management*. Trans. 18th IUGB Congress, Krakow 1987, Krakow-Warzawa 1992, Swiat-Press: 115-118.
- MEYNEN, E.; SCHMITHÜSEN, J.; GELLERT, J.; NEEF, E.; MÜLLER-MINY, H. & SCHULTZE, H.J. (Hrsg.) (1953-1962): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (unter Mitwirkung des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde)*, Bad Godesberg 1953-1962. <http://atlas.umwelt.hessen.de>.

- MORRISON, M.L.; MARCOT, B. G. & MANNAN, R. W. (1998): Wildlife-Habitat Relationships - Concepts and Applications. University of Wisconsin Press, Madison, 2nd edition.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. UTM, Stuttgart.
- MÜLLER, J. (1996): Grundzüge der Naturgeographie von Unterfranken. Justus Perthes Verlag Gotha.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KREIS, A. & DITTMANN, E. (1999): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland. Teil 1, Deutscher Wetterdienst, Offenbach 1999, <http://atlas.umwelt.hessen.de>.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KREIS, A. & DITTMANN, E. (2001): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland. Teil 2, Deutscher Wetterdienst, Offenbach 2001, <http://atlas.umwelt.hessen.de>.
- NÖSEL, H.; AHRENS, M.; BARTEL, M.; HOFFMANN, D.; MÜLLER, P.; STRAUß, E.; VOIGT, U.; MENZEL, C. & POHLMAYER, K. (2003): Zur Besatzsituation des Feldhasen (*Lepus europaeus*) in Deutschland - Ergebnisse der Scheinwerfertextation im Herbst 2001 in Referenzgebieten im Rahmen des WILD. Methoden feldökologischer Säugetierforschung 2: 301-310.
- NYENHUIS, H. (1998): Verteilung und Dichte des Feldhasen (*Lepus europaeus* P.) analysiert nach dem Einfluss der Bodennutzung in Nordwestdeutschland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170/2: 28-33.
- OĞURLU, I. (1997): Habitat Use and Food Habits of Brown Hare (*Lepus europaeus* PALLAS) in a Woodland. Turkish Journal of Zoology 21: 381-398.
- PACI, G.; LAVAZZA, A.; FERRETTI, M. & BAGLIACCA, M. (2007): Relationship between habitat, densities and metabolic profile in brown hares (*Lepus europaeus* PALLAS). Italian Journal of Animal Science 6, 241-255.
- PANEK, P. & KAMINIARZ, R. (1999): Relationships between density of brown hare (*Lepus europaeus*) and landscape structure in Poland in the years 1981-1995. Acta Theriologica 44: 67-75.
- PEARSON, R. G. & DAWSON, T. P. (2003): Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecology and Biogeography 12: 361-372.
- PEARSON, S.M.; TURNER, M.G. & DRAKE, J.B. (1999): Landscape change and habitat availability in the southern Appalachian highlands and Olympic peninsula. Ecological Applications 9(4): 1288-1304.
- PEGEL, M. (1986): Der Feldhase im Beziehungsgefüge seiner Um- und Mittelfaktoren. Schriftenreihe des AKWJ Gießen, Heft 16.
- PÉPIN, D. & ANGIBAUT, J.M. (2007): Selection of resting sites by European hare as related to habitat characteristics during agricultural change. European Journal of Wildlife Research 53: 183-189.
- PÉPIN, D. & CARGNELUTTI, B. (1994): Individual variations of daily activity patterns in radiotracked European hares during winter. Acta Theriologica 39 (4): 399-409.
- PÉPIN, D. (1986): Spring density and daytime distribution of the European hare in relation to habitat in an open field agrosystem. Zeitschrift für Säugetierkunde 51: 79-86.

- PÉROUX, R.; MAURY, B.; LARTIGES, A.; BRAY, Y. & MARBOUTIN, E. (1997): Point transect sampling: a new approach to estimate densities or abundances of European hare (*Lepus europaeus*) from spotlight counts. *Gibier Faune Sauvage* 14: 525-529.
- PETRAK, M. (1990): Einflüsse landwirtschaftlicher Nutzung auf die Population des Feldhasen (*Lepus europaeus*) Osnabrück. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, Band XI/ II: 88-97.
- PFISTER, H.P. (1984): Raumzeitliche Verteilungsmuster des Feldhasen (*Lepus europaeus*, PALLAS) in einem Ackerbaugebiet des Schweizerischen Mittellandes. Diss. thesis an der Universität Zürich.
- PFISTER, H.P.; KOHLI, L.; KÄSTLI, P. & BIRRER, S. (2002): Feldhase. Schlussbericht 1991-2000, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL (Hrsg.), Schriftenreihe Umwelt 334, Bern.
- PIELOWSKI, Z. (1966): Forschung über den Feldhasen. XII. Die Raumstruktur der Population. *Acta Theriologica* 11: 449-484.
- PIELOWSKI, Z. (1976): Cats and dogs in the European hare hunting ground. In: PIELOWSKI, Z. & PUCEK, Z. (eds): *Ecology and Management of European Hare Populations*. Polish Hunting Association: 153-156, Warszawa.
- PIELOWSKI, Z. (1990): Über die Abhängigkeit der Besatzdichte und anderer Populationsparameter des Hasen von der Agrarstruktur und landwirtschaftlichen Aktivitäten. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 17: 147-156.
- PÖTZSCH, A. (2004): Ein Vergleich der Populationsdichten von Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) in einer ökologisch und einer konventionell bewirtschafteten Feldflur Schleswig-Holsteins. Masterarbeit am Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen.
- PRIGIONI, C. & PELIZZA S. (1992): Habitat use by the European hare (*Lepus europaeus*) in northern Italy agricultural area. In: BOBEK, B.; PERZANOWSKI, K. & REGELIN, W. (eds): *Global trends in wildlife management*. Trans. 18th IUGB Congress, Krakow 1987, Krakow-Warzawa 1992, Swiat-Press: 295-298.
- RAJALA, P. (1983): Population trends in the mountain hare in northern Finland as related to the 1979-1981 roadside census. Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki.
- READING, R.P.; CLARK, T.W.; SEEBECK, J.H. & PEARCE, J. (1996): Habitat suitability index model for the eastern barred bandicoot (*Perameles gunnii*). *Wildlife research* 23(2): 221-236.
- REICHLIN, T.; KLANSECK, E. & HACKLÄNDER, K. (2006): Diet selection by hares (*Lepus europaeus*) in arable land and its implications for habitat management. *European Journal of Wildlife Research* 52: 109-118.
- REITZ, F. & LEONARD, Y. (1994): Characteristics of European hare *Lepus europaeus* use of space in a French agricultural region of intensive farming. *Acta theriologica* 39 (2): 143-157.
- ROEDENBECK, I.A. & VOSER, P. (2007): Effects of roads on spatial distribution, abundance and mortality of brown hare (*Lepus europaeus*) in Switzerland. *European Journal of Wildlife Research* 54 (3): 425-437.
- RÖLL, W. (1969): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 126 Fulda. - Bad Godesberg 1969. <http://atlas.umwelt.hessen.de>.

- RÜHE, F. & HOHMANN, U. (2004): Seasonal locomotion and home-range characteristics of European hares (*Lepus europaeus*) in an arable region in central Germany. *European Journal of Wildlife Research* 50: 101-111.
- RÜHE, F. (1999): Effect of stand structures in arable crops on Brown hare (*Lepus europaeus*) distribution. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.* 16 (4): 317-337.
- RÜHE, F.; FISCHBECK, I. & RIEGER, A. (2001): Agricultural habitat features and population densities of European hares (*Lepus europaeus*) in Northern Germany in 1999. Intern. symposium on the decline of European hares, Berlin/Germany, April 18-22, 2001.
- RÜHE, F.; FISCHBECK, I. & RIEGER, A. (2004): Zum Einfluss von Habitatmerkmalen auf die Populationsdichte von Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) in Agrargebieten Norddeutschlands. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 29: 333-342.
- SANDNER, G. (1960): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 125 Marburg. - Bad Godesberg 1960. <http://atlas.umwelt.hessen.de>
- SCHÄFERS, G. (1996): Die Jagdstreckenentwicklung des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) von 1959 bis 1993 in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit von der Landwirtschaftsstruktur. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 21: 215-228.
- SCHRÖDER, B. (2000): Zwischen Naturschutz und theoretischer Ökologie: Modelle zur Habitategnung und räumlichen Populationsdynamik für Heuschrecken im Niedermoor. Doktorarbeit an der TU Braunschweig.
- SCHRÖPFER, R. & NYENHUIS H. (1982): Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Populationsdichte des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778). *Zeitschrift für Jagdwissenschaften* 28: 213-231.
- SCOTT, J.M.; HEGLUND, P.J.; MORRISON, M.; HAUFLE, J.B. & WALL, W.A. (ed) (2002): *Predicting Species Occurrences. Issues of Accuracy and Scale.* Island Press.
- SMITH, R.K.; JENNINGS, N.V.; ROBINSON A. & HARRIS, S. (2004): Conservation of European hares *Lepus europaeus* in Britain: is increasing habitat heterogeneity in farmland the answer? *Journal of Applied Ecology* 41: 1092-1102.
- SMITH, R.K.; JENNINGS, N.V. & HARRIS, S. (2005a): A quantitative analysis of the abundance and demography of European hares *Lepus europaeus* in relation to habitat type, intensity of agriculture and climate. *Mammal Review* 35: 1-24.
- SMITH, R.K.; JENNINGS, N.V.; TARARUCH, F.; HACKLÄNDER, K. & HARRIS, S. (2005b): Vegetation quality and habitat selection by European hares *Lepus europaeus* in a pastoral landscape. *Acta Theriologica* 50: 391-404.
- SODEIKAT, G.; NEUBAUER, D.; HUETTMANN, F.; PAPENDIECK, J. & POHLMAYER, K. (2005): Towards developing Resource Selection Functions for Wild Boars using telemetry and GIS with generalized linear models (GLMs) and Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). In: POHLMAYER, K. (Editor): *Extended Abstracts of the XXVIIth Congress of the International Union of Game Biologists, Hannover 2005*, DSV-Verlag, Hamburg: 258-259.
- SOUTHWOOD, T. R. E. (1977): Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology* 46: 337-365.
- SPÄTH, V. (1989): Untersuchungen zur Populationsökologie des Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS) in der Oberrheinebene. *Freiburger Waldschutz-Abhandlungen, Forstzool.* Institut der Universität Freiburg im Breisgau.

- SPITTLER, H. (1992): Studies on the increase of hares *Lepus europaeus* (PALLAS 1778) in a region with intensive agriculture. In: BOBEK, B.; PERZANOWSKI, K. & REGELIN, W. (eds): Global trends in wildlife management. Trans. 18th IUGB Congress, Krakow 1987, Krakow-Warzawa 1992, Swiat-Press: 323-326.
- STEIN-BACHINGER, K. & FUCHS, S. (2004): Wie kann der Lebensraum Acker im grossflächigen ökologischen Landbau für Feldvögel und Feldhase optimiert werden? In: RAHMANN, G. & VAN ELSSEN, T. (Hrsg.): Naturschutz als Aufgabe des ökologischen Landbaus. Landbauforschung Völkenrode, FAL Agricultural Research, Braunschweig. 1-13.
- STOATE, C. & TAPPER, S.C. (1993): The impact of three hunting methods on brown hare (*Lepus europaeus*) populations in Britain. *Gibier Faune Sauvage* 10: 229-240.
- STOTT, P. (2003): Use of space by sympatric European hares (*Lepus europaeus*) and European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Australia. *Mammalian Biology* 68 (5): 317-237.
- STRAUB, E. & POHLMAYER, K. (1997): Methodische Probleme bei der Scheinwerfertextation zur Ermittlung der Feldhasenbesätze. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 22: 159-164.
- STUHR, S. (2003): Untersuchung zur Verifikation der Scheinwerfertextation am Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778). Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Universität Hannover, angefertigt am Institut für Wildtierforschung a.d. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- TAPPER, S. (2000): Ecological evaluation of the arable stewardship pilot scheme (1998-2000). The Game Conservancy Trust, Burgate Manor, Fordingbridge, Hampshire.
- TAPPER, S.C. & BARNES, R.F.W. (1986): Influence of farming practice on the ecology of the brown hare (*Lepus europaeus*). *Journal of Applied Ecology* 23: 39-52
- TAYLOR, R. H. & WILLIAMS, R. M. (1956): The use of pellet counts for estimating the density of populations of the wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.). *J. Sc. Tech.* 38: 236-256. New Zealand.
- TILLMANN, J.E. & KINSER, A. (2008): Wildbiologische Untersuchungen zur Bedeutung von wildtierfreundlich begrüntem Brachen für den Feldhasen (*Lepus europaeus*) und das Rebhuhn (*Perdix perdix*). Deutsche Wildtier Stiftung (Hrsg.), Wissenschaftlicher Endbericht Lebensraum Brache, unveröffentlicht.
- TILLMANN, J.E. (2006): Das ökologische Profil des Rebhuhns (*Perdix perdix*) und Konsequenzen für die Gestaltung von Ansaatbrachen zur Lebensraumverbesserung. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 31: 243-254.
- TOTTEWITZ, F. (1993): Erste Ergebnisse zur Lebensraumnutzung und Aktivitätsperiodik des Feldhasen (*Lepus europaeus*) in großflächig landwirtschaftlich genutzten Gebieten. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 18: 135-139.
- VAUGHAN, N.; LUCAS, E.-A.; HARRIS, S. & WHITE, P.C.L. (2003): Habitat associations of European hares *Lepus europaeus* in England and Wales: implications for farmland management. *Journal of Applied Ecology* 40: 163-175.
- VERBOOM, J.; SCHOTMAN, A.; OPDAM, P. & METZ, J.A.J. (1991): European nuthatch metapopulations in a fragmented agricultural landscape. *Oikos* 61: 149-156.
- WRAY, S. (1992): The ecology and management of European hares (*Lepus europaeus*) in commercial coniferous forestry. PhD Thesis, University of Bristol.

- ZACCARONI, M.; BILIOTTI, N.; CALIERI, S.; FERRETTI, M.; GENGHINI, M.; RIGA, F.; TROCCHI, V. & DESSÌ-FULGHERI, F. (2009): Habitat use by Brown Hares (*Lepus europaeus*) in an agricultural ecosystem in Tuscany (Italy) using GPS collars: Implication for agrienvironmental management. In: Ministry of Agriculture of the Russian Federation and the International Union of Game Biologists (IUGB): Proceedings of the XXIX International Union of Game Biologists Congress 17-22.08.2009; Moscow.
- ZÖRNER, H. (1975): Ergebnisse der Untersuchungen über die Raumstruktur der Hasenpopulation (*Lepus europaeus* PALLAS) des Wildforschungsgebietes Hakel. Beiträge zur Jagd- und Wildforschung 9: 326-353.



## 7 Anhang

### A.1 Ergebnisse der Scheinwerfertextationen in den Untersuchungsgebieten

Untersuchungsgebiet	Revier	Feldhasendichte/ 100 ha (jeweils Mittelwert aus zwei Zählungen mittels ST)							
		2003		2004		2005		2006	
		Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst
<b>Fritzlar</b>	Lohne	keine Zählung	5,9	7,7	13,1	10,5	0,0	12,2	11,3
	Güntersleben I	9,7	19,0	20,6	22,5	15,9	12,4	14,0	8,1
	Güntersleben II	16,5	15,6	13,6	9,7	7,4	11,8	13,0	17,7
	Güntersleben III	30,6	0,0	36,8	33,2	44,0	27,0	39,1	33,2
	Güntersleben IV	16,2	0,0	29,3	17,8	14,3	12,7	21,0	11,4
<b>Güntersleben</b>	gesamtes Untersuchungsgebiet*	17,9	17,5	25,0	21,1	20,4	15,9	21,5	17,2
	Opferbaum I	46,4	49,7	40,9	44,6	38,3	49,5	38,7	25,7
	Opferbaum II	65,8	92,4	81,5	82,2	61,1	71,0	57,5	57,0
<b>Opferbaum</b>	gesamtes Untersuchungsgebiet*	56,4	71,7	61,8	64,0	50,0	60,6	48,4	41,8

\*gewichtet nach den Flächenanteilen der einzelnen Reviere an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiet

## A.2 Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung

nach BfN (2002) mit Ergänzungen

### Küstenbereich

**1000** Küstenbereich

### Binnengewässer

**2000** Binnengewässer

**2100** Quelle

**2200** Fließgewässer, linear

**2300** Fließgewässer, flächig

**2400** Auenstillgewässer

**2500** Stillgewässer

### Moore und Sümpfe

**3000** Moore und Sümpfe

**3100** Hoch- bzw. Übergangsmoor

**3200** Niedermoor, Sumpf (gehözfrei)  
Regenerations- bzw.

**3300** Degenerationsflächen

**3400** Abtorfungsflächen

### Landwirtschaftliche Flächen

**4100** Ackerland

**4110** Getreide Anbauflächen

**4112** Winterweizen

**4113** Sommerweizen

**4115** Wintergerste

**4116** Sommergerste

**4117** Roggen

**4118** Hafer

**4119** Triticale

**4120** Wintergetreide

**4121** Sommergetreide

**4122** Sonstige Getreidearten

**4125** Mais Anbauflächen

**4130** Hackfrucht Anbauflächen

**4131** Kartoffeln

**4132** Futterrüben

**4133** Zuckerrüben

**4139** Zuckerrübenschat nach Ernte\*

**4140** Öl- und Faserpflanzenanbaufläche

**4141** Raps

\*Ergänzung des BfN-Schlüssels für diese Untersuchung

*Fortsetzung Anhang A.2*

<b>4142</b>	Sonnenblumen
<b>4143</b>	Lein
<b>4144</b>	Sonstige Öl- und Faserpflanzen
<b>4150</b>	Hülsenfrüchte und Feldfutteranbau
<b>4151</b>	Klee
<b>4152</b>	Luzerne
<b>4160</b>	Ackerland mit Sonderkulturen
<b>4161</b>	Hopfen
<b>4168</b>	Miscanthus*
<b>4170</b>	Ackerbrache
<b>4172</b>	eigentliche Ackerbrachen
<b>4174</b>	Lebensraum I*
<b>4175</b>	OLAP*
<b>4176</b>	sonstige Buntbrachen*
<b>4177</b>	Stoppelacker*
<b>4178</b>	gegrubberter Acker*
<b>4179</b>	gepflügter (grobscholliger) Acker*
<b>4180</b>	Wildacker
<b>4190</b>	Zwischenfrucht
<b>4191</b>	Senf als Zwischenfrucht*
<b>4200</b>	Wiesen, Weiden, Grünland
<b>4210</b>	Wiese
<b>4260</b>	Weide
<b>4270</b>	Grünlandbrache
<b>4300</b>	Erwerbsgartenbau
<b>4440</b>	Weinbauflächen, Weinbrache
<b>4500</b>	Obstplantage
<b>4600</b>	Baumschule
<b>4700</b>	Kraut- oder Staudenflur, Saum
<b>4800</b>	Weihnachtsbaumkultur

Rohbodenstandorte, Zwergstrauchheiden, Extremstandorte

<b>5000</b>	Rohbodenstandorte, Zwergstrauchheiden, Extremstandorte
-------------	---

Bäume, Feldgehölze, Gebüsche

<b>6000</b>	Bäume, Felgehölze, Gebüsche
<b>6100</b>	Feldhecke, Wallhecke
<b>6200</b>	Feldgehölz, Feldgebüsch
<b>6300</b>	Baumgruppe, Baumreihe
<b>6400</b>	Einzelbaum
<b>6500</b>	Streuobstbestand

\*Ergänzung des BfN-Schlüssels für diese Untersuchung

*Fortsetzung Anhang A.2*

Wälder

**7000** Wälder

**Stark veränderte Standorte, Ver- und Entsorgungsflächen**

<b>8000</b>	Stark veränderte, gestörte Standorte, Ver- und Entsorgungsflächen
<b>8100</b>	Abgrabungsflächen
<b>8110</b>	Tongrube
<b>8120</b>	Sandgrube
<b>8130</b>	Kiesgrube
<b>8140</b>	Steinbruch
<b>8150</b>	Braunkohletagebau
<b>8200</b>	Aufschüttungsflächen
<b>8300</b>	Ver- und Entsorgungsflächen
<b>8310</b>	Flächen der Abfallwirtschaft
<b>8317</b>	Mülldeponie
<b>8320</b>	Flächen der Wasserwirtschaft
<b>8324</b>	Kläranlage
<b>8326</b>	Rieselfeld
<b>8400</b>	offene Flächen, Rohbodenstandorte im industriellen Bereich

**Siedlung, Verkehr, Freizeit und Erholung**

<b>9000</b>	Siedlung, Verkehr, Freizeit, Erholung
<b>9100</b>	Siedlung, Gewerbe
<b>9200</b>	Verkehrsflächen
<b>9211</b>	Autobahnen und Bundesstraßen
<b>9212</b>	Ortsverbindungsstraßen*
<b>9213</b>	Landstraßen, Ortsverbindungsstraßen, asphaltierte Nebenstraßen
<b>9214</b>	Wege
<b>9300</b>	Freizeit-, Erholungs- oder Grünflächen

\*Ergänzung des BfN-Schlüssels für diese Untersuchung

### A.3 Multivariates Modell bei Reduktion der Präsenz-Punkte und der Pseudo-Absenz-Punkte

(dargestellt anhand eines R-output)

```
> > # Um zu überprüfen, welchen Einfluss die Anzahl der Zufallspunkte #
> # auf die Ergebnisse des GLMs haben, wurde für das #
> # Untersuchungsgebiet Opferbaum der vorhandene Datensatz um eine #
> # weitere Variable ergänzt. Die Variable "Zufall" gibt bei den #
> # Präsenz Punkten eine 0 wieder und bei den Pseudo-Absenz-Punkten #
> # eine Zufallszahl zwischen 0 und 10. Der Datensatz heißt „Ozuf0“. #
> #
> # Datensatz laden #
>
> Ozuf0<-read.csv("Mega_Opf_Zuff0.csv",header=TRUE,dec=".",sep=";")
>
> # Das "Ur-GLM" vor der Variablen-Selektion mittels geringsten AIC #
> # lautet: #
>
> O_ALL<-glm(ART~Mini_QT+DST_BB+DST_WG+DST_WR+DST_STR+DST_GRN+DST_RDR+
+ DST_GHLZ+DST_SDLG+DST_RPS+DST_WNTGTR+DST_PFLG+DST_ZWFR+DST_GLS+DST_FP+
+ UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)
>
> summary(O_ALL)
```

Call:

```
glm(formula=ART~Mini_QT+DST_BB+DST_WG+DST_WR+DST_STR+DST_GRN+DST_RDR+
DST_GHLZ+DST_SDLG+DST_RPS+DST_WNTGTR+DST_PFLG+DST_ZWFR+DST_GLS+DST_FP+
UNM_SLGGR, family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.8147	-0.4868	-0.3919	-0.3270	2.7924

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-2.546e+00	1.446e-01	-17.607	< 2e-16 ***
Mini_QT	-6.613e-02	1.893e-02	-3.493	0.000477 ***
DST_BB	-5.222e-04	1.198e-04	-4.361	1.30e-05 ***
DST_WG	3.152e-03	4.304e-04	7.324	2.41e-13 ***
DST_WR	-4.087e-05	9.900e-05	-0.413	0.679760
DST_STR	-1.269e-05	7.437e-05	-0.171	0.864456
DST_GRN	-6.953e-04	1.781e-04	-3.903	9.50e-05 ***
DST_RDR	1.419e-03	1.915e-04	7.408	1.28e-13 ***
DST_GHLZ	1.575e-04	1.867e-04	0.844	0.398827
DST_SDLG	7.615e-04	8.257e-05	9.222	< 2e-16 ***
DST_RPS	-6.023e-04	1.322e-04	-4.556	5.22e-06 ***
DST_WNTGTR	-3.936e-04	6.574e-05	-5.988	2.12e-09 ***
DST_PFLG	1.614e-04	9.823e-05	1.643	0.100455
DST_ZWFR	-1.472e-04	8.323e-05	-1.769	0.076922 .
DST_GLS	-2.146e-04	3.859e-05	-5.560	2.70e-08 ***
DST_FP	3.227e-04	2.002e-04	1.612	0.107055
UNM_SLGGR	1.214e-02	6.859e-03	1.770	0.076800 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

## Fortsetzung Anhang A.3

```

Null deviance: 24007  on 39381  degrees of freedom
Residual deviance: 23262  on 39365  degrees of freedom
(13112 observations deleted due to missingness)
AIC: 23296

Number of Fisher Scoring iterations: 5
>
> # Nach Reduktion der Variablen lautet das multivariate Modell      #
> # im Untersuchungsgebiet Opferbaum (0.1)                          #
>
> O_ALL_lowAIC<-glm(ART~DST_BB+DST_WG+DST_GRN+DST_RDR+DST_SDLG+DST_RPS+
+ DST_WNTGTR+DST_PFLG+DST_ZWFR+DST_GLS+DST_FP+UNM_SLGGR,
+ family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)
>
> summary(O_ALL_lowAIC)

Call:
glm(formula=ART~DST_BB+DST_WG+DST_GRN+DST_RDR+DST_SDLG+DST_RPS+DST_WNTGTR+
DST_PFLG+DST_ZWFR+DST_GLS+DST_FP+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),
data=Ozuf0,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.7987  -0.4873  -0.3915  -0.3275   2.7713

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -2.762e+00  1.026e-01 -26.929  < 2e-16 ***
DST_BB       -5.142e-04  8.110e-05  -6.340  2.30e-10 ***
DST_WG        3.199e-03  4.265e-04   7.500  6.40e-14 ***
DST_GRN       -6.450e-04  1.350e-04  -4.780  1.76e-06 ***
DST_RDR        1.441e-03  1.797e-04   8.021  1.05e-15 ***
DST_SDLG       7.908e-04  5.650e-05  13.997  < 2e-16 ***
DST_RPS       -6.025e-04  1.304e-04  -4.620  3.83e-06 ***
DST_WNTGTR    -3.453e-04  6.292e-05  -5.488  4.08e-08 ***
DST_PFLG       1.944e-04  9.630e-05   2.019   0.0435 *
DST_ZWFR      -1.119e-04  7.641e-05  -1.465   0.1429
DST_GLS       -2.072e-04  3.034e-05  -6.828  8.61e-12 ***
DST_FP        2.907e-04  1.910e-04   1.522   0.1281
UNM_SLGGR     1.118e-02  6.679e-03   1.675   0.0940 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 24007  on 39381  degrees of freedom
Residual deviance: 23275  on 39369  degrees of freedom
(13112 observations deleted due to missingness)
AIC: 23301

Number of Fisher Scoring iterations: 5

>
> # Um die Anzahl der Pseudo-Absenz-Punkte um 50 % zu reduzieren,      #
> # wird hinter die jeweilige Variable eine Einschränkung              #
> # formuliert. Sie lautet in dem Fall [Zufall<5]. Damit werden bei    #
> # der Modellierung alle Präsenz-Punkte aber nur 50 % der            #
> # Pseudo-Absenz-Punkte berücksichtigt.                               #
>
>

```

## Fortsetzung Anhang A.3

```
> Ozuff0_red50<-glm(ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
+ DST_WR[Zufall<5]+DST_STR[Zufall<5]+DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+
+ DST_GHLZ[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
+ DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+
+ DST_GLS[Zufall<5]+DST_FP[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
+ family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff0_red50)
```

Call:

```
glm(formula=ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
DST_WR[Zufall<5]+DST_STR[Zufall<5]+DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+
DST_GHLZ[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+
DST_GLS[Zufall<5]+DST_FP[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.0400	-0.6605	-0.5298	-0.4311	2.4810

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-2.016e+00	1.443e-01	-13.971	< 2e-16	***
DST_BB[Zufall < 5]	-4.774e-04	1.253e-04	-3.812	0.000138	***
DST_WG[Zufall < 5]	3.275e-03	4.559e-04	7.185	6.72e-13	***
DST_WR[Zufall < 5]	-1.980e-05	1.036e-04	-0.191	0.848522	
DST_STR[Zufall < 5]	-1.683e-05	7.873e-05	-0.214	0.830755	
DST_GRN[Zufall < 5]	-6.270e-04	1.864e-04	-3.363	0.000770	***
DST_RDR[Zufall < 5]	1.318e-03	2.008e-04	6.561	5.33e-11	***
DST_GHLZ[Zufall < 5]	4.749e-05	1.965e-04	0.242	0.809036	
DST_SDLG[Zufall < 5]	7.656e-04	8.594e-05	8.909	< 2e-16	***
DST_RPS[Zufall < 5]	-6.317e-04	1.381e-04	-4.574	4.78e-06	***
DST_WNTGTR[Zufall < 5]	-3.257e-04	6.478e-05	-5.027	4.98e-07	***
DST_PFLG[Zufall < 5]	1.836e-04	1.042e-04	1.761	0.078247	.
DST_ZWFR[Zufall < 5]	-8.688e-05	8.814e-05	-0.986	0.324275	
DST_GLS[Zufall < 5]	-2.069e-04	4.038e-05	-5.125	2.98e-07	***
DST_FP[Zufall < 5]	3.011e-04	2.119e-04	1.421	0.155178	
UNM_SLGGR[Zufall < 5]	5.918e-03	7.246e-03	0.817	0.414079	

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 19317 on 21345 degrees of freedom  
Residual deviance: 18677 on 21330 degrees of freedom  
(7046 observations deleted due to missingness)  
AIC: 18709

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```
>
> # Das AIC lässt sich durch eine Reduzierung der Variablenzahl      #
> # weiter verringern. Das selektierte Modell am Ende der          #
> # Variablenselektion mittels AIC lautet:                          #
>
```

## Fortsetzung Anhang A.3

```

> Ozuff0_red50_lowAIC<-glm(ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
+ DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+
+ DST_RPS[Zufall<5]+DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+
+ DST_ZWFR[Zufall<5]+DST_GLS[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
+ family=binomial(link=logit),data=Ozuff0,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff0_red50_lowAIC)

Call:
glm(formula=ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+
DST_GLS[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
family=binomial(link=logit),data=Ozuff0,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.0483  -0.6580  -0.5326  -0.4309   2.4772

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -1.999e+00  1.032e-01 -19.375  < 2e-16 ***
DST_BB[Zufall < 5] -4.646e-04  8.438e-05  -5.506  3.68e-08 ***
DST_WG[Zufall < 5]  3.379e-03  4.489e-04   7.528  5.14e-14 ***
DST_GRN[Zufall < 5] -6.290e-04  1.407e-04  -4.471  7.78e-06 ***
DST_RDR[Zufall < 5]  1.325e-03  1.883e-04   7.038  1.95e-12 ***
DST_SDLG[Zufall < 5]  7.731e-04  5.884e-05  13.139  < 2e-16 ***
DST_RPS[Zufall < 5] -6.222e-04  1.360e-04  -4.575  4.75e-06 ***
DST_WNTGTR[Zufall < 5] -3.313e-04  6.427e-05  -5.155  2.54e-07 ***
DST_PFLG[Zufall < 5]  1.976e-04  1.019e-04   1.939   0.0525 .
DST_ZWFR[Zufall < 5] -8.088e-05  8.084e-05  -1.001   0.3170
DST_GLS[Zufall < 5] -1.964e-04  3.160e-05  -6.215  5.14e-10 ***
UNM_SLGGR[Zufall < 5]  6.131e-03  7.052e-03   0.869   0.3846
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 19317  on 21345  degrees of freedom
Residual deviance: 18679  on 21334  degrees of freedom
(7046 observations deleted due to missingness)
AIC: 18703

Number of Fisher Scoring iterations: 4
>
> # Dieses GLM hat nur die Hälfte der Zufallspunkte im Datensatz      #
> # aber ein sehr ähnliches Ergebniss mit dem vollen Datensatz. In    #
> # diesem Fall wurde die Variable "Distanz zu Festpunk" im          #
> # Selektionsprozess ausgeschlossen.#
>
> # Verringert man die Anzahl der Zufallespunkte um 90 %, lautet der   #
> # selektierte Datensatz nach der Variablenselektion mittels AIC:    #
>
> Ozuff0_red90_lowAIC<-glm(ART[Zufall<1]~DST_BB[Zufall<1]+DST_WG[Zufall<1]+
+ DST_GRN[Zufall<1]+DST_RDR[Zufall<1]+DST_SDLG[Zufall<1]+DST_RPS[Zufall<1]+
+ DST_WNTGTR[Zufall<1]+DST_ZWFR[Zufall<1]+DST_GLS[Zufall<1]+UNM_SLGGR[Zufall
<1],+ family=binomial(link=logit),data=Ozuff0,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff0_red90_lowAIC)

```



## Fortsetzung Anhang A.3

```

Call:
glm(formula=ART[Zufall<1]~DST_BB[Zufall<1]+DST_WG[Zufall<1]+
DST_GRN[Zufall<1]+DST_RDR[Zufall<1]+DST_SDLG[Zufall<1]+DST_RPS[Zufall<1]+
DST_WNTGTR[Zufall<1]+DST_ZWFR[Zufall<1]+DST_GLS[Zufall<1]+
UNM_SLGGR[Zufall<1],
family=binomial(link=logit),data=Ozuf0,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.735  -1.128   0.793   1.100   1.796

Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)      -4.167e-01  1.327e-01  -3.140  0.001688 **
DST_BB[Zufall < 1] -4.989e-04  1.082e-04  -4.612  3.99e-06 ***
DST_WG[Zufall < 1]  4.023e-03  6.223e-04   6.465  1.01e-10 ***
DST_GRN[Zufall < 1] -5.565e-04  1.827e-04  -3.047  0.002313 **
DST_RDR[Zufall < 1]  1.382e-03  2.457e-04   5.623  1.87e-08 ***
DST_SDLG[Zufall < 1]  7.795e-04  7.591e-05  10.269  < 2e-16 ***
DST_RPS[Zufall < 1] -6.272e-04  1.753e-04  -3.578  0.000346 ***
DST_WNTGTR[Zufall < 1] -2.552e-04  6.478e-05  -3.940  8.16e-05 ***
DST_ZWFR[Zufall < 1] -4.033e-05  1.107e-04  -0.364  0.715576
DST_GLS[Zufall < 1] -2.132e-04  4.049e-05  -5.266  1.40e-07 ***
UNM_SLGGR[Zufall < 1]  1.161e-02  9.392e-03   1.236  0.216437
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 9839.3  on 7097  degrees of freedom
Residual deviance: 9448.9  on 7087  degrees of freedom
(2135 observations deleted due to missingness)
AIC: 9470.9

Number of Fisher Scoring iterations: 4
>
> # Das Modellierungs-Ergebniss ist sehr ähnlich mit dem des vollen #
> # Datensatz. Alle Variablen, die im Modell des vollen Datensatz #
> # mit p<0,01 signifikant waren, bleiben im Selektionsprozess bei #
> # dem um 90 % der Pseudo-Absenz-Punkte reduzierten Datensatz #
> # erhalten. #
>
>
>
> # Um zu überprüfen, ob die hohe Anzahl der signifikanten Variablen #
> # mit der sehr hohen Anzahl an Präsenz-Punkten zusammenhängt, #
> # wurde erneut ein Datensatz eingelesen, der ein Variable "Zufall" #
> # enthält. In diesem Fall gibt die Variable für alle Präsenz- und #
> # Pseudo-Absenz-Punkte eine Zufallszahl zwischen 1 und 10 wieder. #
> # Mit Hilfe dieser Variable kann die ausgewählte Gesamtstichprobe #
> # verkleinert werden. Der Datensatz heißt "OZuff". #
>
> Ozuff<-read.csv("Mega_Opf_Zuff.csv",header=TRUE,dec=".",sep=";")
>
> # Das mittels AIC selektierte multivariate Modell im #
> # Untersuchungsgebiet Opferbaum (0.1) lautet bekanntermaßen: #
>
> summary(O_ALL_lowAIC)

```

## Fortsetzung Anhang A.3

```

Call:
glm(formula=ART~DST_BB+DST_WG+DST_GRN+DST_RDR+DST_SDLG+DST_RPS+DST_WNTGTR+D
ST_PFLG+DST_ZWFR+DST_GLS+DST_FP+UNM_SLGGR,family=binomial(link=logit),data=
Ozuf0,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.7987  -0.4873  -0.3915  -0.3275   2.7713

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -2.762e+00  1.026e-01 -26.929  < 2e-16 ***
DST_BB       -5.142e-04  8.110e-05  -6.340  2.30e-10 ***
DST_WG        3.199e-03  4.265e-04   7.500  6.40e-14 ***
DST_GRN       -6.450e-04  1.350e-04  -4.780  1.76e-06 ***
DST_RDR       1.441e-03  1.797e-04   8.021  1.05e-15 ***
DST_SDLG      7.908e-04  5.650e-05  13.997  < 2e-16 ***
DST_RPS      -6.025e-04  1.304e-04  -4.620  3.83e-06 ***
DST_WNTGTR   -3.453e-04  6.292e-05  -5.488  4.08e-08 ***
DST_PFLG      1.944e-04  9.630e-05   2.019   0.0435 *
DST_ZWFR     -1.119e-04  7.641e-05  -1.465   0.1429
DST_GLS      -2.072e-04  3.034e-05  -6.828  8.61e-12 ***
DST_FP        2.907e-04  1.910e-04   1.522   0.1281
UNM_SLGGR     1.118e-02  6.679e-03   1.675   0.0940 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 24007  on 39381  degrees of freedom
Residual deviance: 23275  on 39369  degrees of freedom
(13112 observations deleted due to missingness)
AIC: 23301

Number of Fisher Scoring iterations: 5
>
> # Um die Gesamtstichprobe um 50 % zu reduzieren, wird hinter die      #
> # jeweilige Variable eine Einschränkung formuliert. Sie lautet in      #
> # dem Fall [Zufall<5].                                                #
>
> Ozuff_50=glm(ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
+ DST_WR[Zufall<5]+DST_STR[Zufall<5]+DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+
+ DST_GHLZ[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
+ DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+
+ DST_GLS[Zufall<5]+DST_FP[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
+ family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff_50)

Call:
glm(formula=ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
DST_WR[Zufall<5]+DST_STR[Zufall<5]+DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+
DST_GHLZ[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_PFLG[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+
DST_GLS[Zufall<5]+DST_FP[Zufall<5]+UNM_SLGGR[Zufall<5],
family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)

```

## Fortsetzung Anhang A.3

```

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.8148 -0.4848 -0.3903 -0.3202  2.6693

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -2.808e+00  2.213e-01 -12.689 < 2e-16 ***
DST_BB[Zufall < 5] -6.201e-04  1.906e-04  -3.254 0.001138 **
DST_WG[Zufall < 5]  3.006e-03  6.836e-04   4.398 1.09e-05 ***
DST_WR[Zufall < 5]  5.295e-05  1.560e-04   0.339 0.734262
DST_STR[Zufall < 5] -5.843e-05  1.189e-04  -0.492 0.623013
DST_GRN[Zufall < 5] -7.032e-04  2.853e-04  -2.465 0.013717 *
DST_RDR[Zufall < 5]  1.791e-03  3.037e-04   5.897 3.71e-09 ***
DST_GHLZ[Zufall < 5] -1.923e-05  2.966e-04  -0.065 0.948314
DST_SDLG[Zufall < 5]  8.904e-04  1.321e-04   6.738 1.61e-11 ***
DST_RPS[Zufall < 5] -8.827e-04  2.147e-04  -4.111 3.94e-05 ***
DST_WNTGTR[Zufall < 5] -2.038e-04  9.222e-05  -2.210 0.027128 *
DST_PFLG[Zufall < 5]  2.009e-04  1.535e-04   1.309 0.190614
DST_ZWFR[Zufall < 5] -6.614e-05  1.322e-04  -0.500 0.616782
DST_GLS[Zufall < 5] -2.103e-04  6.135e-05  -3.428 0.000608 ***
DST_FP[Zufall < 5]  2.461e-04  3.157e-04   0.780 0.435577
UNM_SLGGR[Zufall < 5]  9.520e-03  1.091e-02   0.873 0.382686
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 9564.2  on 15771  degrees of freedom
Residual deviance: 9252.0  on 15756  degrees of freedom
(5329 observations deleted due to missingness)
AIC: 9284

Number of Fisher Scoring iterations: 5
>
> # Das AIC lässt sich durch eine Reduzierung der Variablenzahl      #
> # weiter verringern. Das selektierte Modell am Ende der          #
> # Variablenselektion mittels AIC lautet:                          #
> >
> Ozuff_50_lowAIC=glm(ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+DST_GLS[Zufall<5]+
UNM_SLGGR[Zufall<5],
family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff_50_lowAIC)

Call:
glm(formula=ART[Zufall<5]~DST_BB[Zufall<5]+DST_WG[Zufall<5]+
DST_GRN[Zufall<5]+DST_RDR[Zufall<5]+DST_SDLG[Zufall<5]+DST_RPS[Zufall<5]+
DST_WNTGTR[Zufall<5]+DST_ZWFR[Zufall<5]+DST_GLS[Zufall<5]+
UNM_SLGGR[Zufall<5],
family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.7965 -0.4836 -0.3912 -0.3209  2.6684

```

## Fortsetzung Anhang A.3

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -2.691e+00  1.538e-01 -17.501 < 2e-16 ***
DST_BB[Zufall < 5] -5.329e-04  1.300e-04  -4.099 4.14e-05 ***
DST_WG[Zufall < 5]  3.035e-03  6.684e-04   4.541 5.60e-06 ***
DST_GRN[Zufall < 5] -7.553e-04  2.139e-04  -3.531 0.000414 ***
DST_RDR[Zufall < 5]  1.746e-03  2.863e-04   6.097 1.08e-09 ***
DST_SDLG[Zufall < 5]  8.575e-04  9.049e-05   9.475 < 2e-16 ***
DST_RPS[Zufall < 5]  -9.141e-04  2.109e-04  -4.334 1.46e-05 ***
DST_WNTGTR[Zufall < 5] -1.419e-04  7.863e-05  -1.805 0.071142 .
DST_ZWFR[Zufall < 5] -1.216e-04  1.194e-04  -1.018 0.308601
DST_GLS[Zufall < 5]  -1.953e-04  4.790e-05  -4.078 4.55e-05 ***
UNM_SLGGR[Zufall < 5]  1.054e-02  1.059e-02   0.996 0.319493
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 9564.2  on 15771  degrees of freedom
Residual deviance: 9254.7  on 15761  degrees of freedom
(5329 observations deleted due to missingness)
AIC: 9276.7

Number of Fisher Scoring iterations: 5
>
> # Dieses GLM hat nur die Hälfte der Gesamtstichprobe aller      #
> # Präsenz- und Pseudo-Absenz-Punkte im Datensatz. Das Ergebnis ist #
> # aber sehr ähnlich mit dem der vollen Stichprobe.              #
>
> # Verringert man die Gesamtstichprobe um 90 %, lautet der        #
> # selektierte Datensatz nach der Variablenselektion mittels AIC:  #
>
>
> Ozuff_10_lowAIC=glm(ART[Zufall>9]~DST_BB[Zufall>9]+DST_WG[Zufall>9]+
+ DST_GRN[Zufall>9]+DST_GHLZ[Zufall>9]+DST_SDLG[Zufall>9]+
+ DST_WNTGTR[Zufall>9]+DST_ZWFR[Zufall>9]+DST_GLS[Zufall>9]+
+ UNM_SLGGR[Zufall>9],
+ family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)
>
> summary(Ozuff_10_lowAIC)

Call:
glm(formula=ART[Zufall>9]~DST_BB[Zufall>9]+DST_WG[Zufall>9]+
DST_GRN[Zufall>9]+DST_GHLZ[Zufall>9]+DST_SDLG[Zufall>9]+
DST_WNTGTR[Zufall>9]+DST_ZWFR[Zufall>9]+DST_GLS[Zufall>9]+
UNM_SLGGR[Zufall>9],
family=binomial(link=logit),data=Ozuff,na.action=na.exclude)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.8057  -0.4626  -0.3841  -0.3068   2.8091

```

Fortsetzung Anhang A.3

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -2.3115143   0.3029984  -7.629 2.37e-14 ***
DST_BB[Zufall > 9] -0.0006204   0.0002504  -2.477  0.01324 *
DST_WG[Zufall > 9]  0.0033769   0.0014043   2.405  0.01618 *
DST_GRN[Zufall > 9] -0.0020105   0.0005132  -3.918 8.94e-05 ***
DST_GHLZ[Zufall > 9]  0.0016249   0.0005312   3.059  0.00222 **
DST_SDLG[Zufall > 9]  0.0005888   0.0001794   3.282  0.00103 **
DST_WNTGTR[Zufall > 9] -0.0004657   0.0002171  -2.145  0.03195 *
DST_ZWFR[Zufall > 9] -0.0004654   0.0002519  -1.848  0.06461 .
DST_GLS[Zufall > 9] -0.0001945   0.0000968  -2.010  0.04446 *
UNM_SLGGR[Zufall > 9]  0.0049150   0.0215354   0.228  0.81947
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 2285.7  on 3984  degrees of freedom
Residual deviance: 2208.4  on 3975  degrees of freedom
(1334 observations deleted due to missingness)
AIC: 2228.4

Number of Fisher Scoring iterations: 6
>
> # In diesem GLM sind drei Variablen weniger enthalten als in dem #
> # "besten" Modell der vollen Stichprobe (Distanz zu Raps, #
> # Festpunkten und Pflugäckern). Im Ergebnis ist dieses Modell #
> # aber sehr ähnlich mit dem selektierten Modell der vollen #
> # Stichprobe. #

```

## A.4 Korrelationsmatrix der Variablen (Rangkorrelation nach SPEARMANN)

Die Korrelationen wurden mit folgendem R-Befehl ermittelt:

```
SpearCorr_data<-cor(data[9:25],use="pairwise.complete.obs",method="spearman")
```

### A.4.1 Untersuchungsgebiet Fritzlar

	DST_WG	DST_STR	DST_SDLG	DST_WR	DST_GHLZ	DST_RDR	DST_BB	DST_GRN	DST_RPS
<b>DST_WG</b>	1	-0,126	0,022	0,100	0,191	-0,032	0,065	0,055	0,081
<b>DST_STR</b>	-0,126	1	0,361	-0,441	-0,002	0,192	-0,446	-0,283	0,070
<b>DST_SDLG</b>	0,022	0,361	1	-0,069	-0,028	0,056	-0,605	-0,261	0,096
<b>DST_WR</b>	0,100	-0,441	-0,069	1	0,320	-0,044	0,239	0,475	0,147
<b>DST_GHLZ</b>	0,191	-0,002	-0,028	0,320	1	-0,125	-0,269	0,315	0,038
<b>DST_RDR</b>	-0,032	0,192	0,056	-0,044	-0,125	1	0,233	0,192	0,091
<b>DST_BB</b>	0,065	-0,446	-0,605	0,239	-0,269	0,233	1	0,150	-0,089
<b>DST_GRN</b>	0,055	-0,283	-0,261	0,475	0,315	0,192	0,150	1	0,192
<b>DST_RPS</b>	0,081	0,070	0,096	0,147	0,038	0,091	-0,089	0,192	1
<b>DST_WNTGTR</b>	-0,040	-0,018	0,041	-0,078	-0,025	-0,013	-0,009	-0,132	-0,323
<b>DST_ZCKR</b>	0,012	0,401	0,373	-0,337	-0,165	0,188	-0,268	-0,276	0,011
<b>DST_ZWFR</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>DST_STPP</b>	0,002	-0,038	-0,170	0,056	0,004	0,087	0,131	0,008	-0,099
<b>DST_PFLG</b>	0,037	0,254	-0,044	-0,024	-0,152	0,150	0,167	-0,040	0,061
<b>DST_ZCKIST</b>	0,047	0,295	0,444	-0,289	-0,241	0,199	-0,225	-0,262	0,113
<b>DST_FP</b>	0,348	0,004	-0,014	-0,145	-0,077	-0,002	0,034	-0,050	0,120
<b>DST_MSC</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

	DST_WNTGTR	DST_ZCKR	DST_ZWFR	DST_STPP	DST_PFLG	DST_ZCKIST	DST_FP	DST_MSC
<b>DST_WG</b>	-0,040	0,012	NA	0,002	0,037	0,047	0,348	NA
<b>DST_STR</b>	-0,018	0,401	NA	-0,038	0,254	0,295	0,004	NA
<b>DST_SDLG</b>	0,041	0,373	NA	-0,170	-0,044	0,444	-0,014	NA
<b>DST_WR</b>	-0,078	-0,337	NA	0,056	-0,024	-0,289	-0,145	NA
<b>DST_GHLZ</b>	-0,025	-0,165	NA	0,004	-0,152	-0,241	-0,077	NA
<b>DST_RDR</b>	-0,013	0,188	NA	0,087	0,150	0,199	-0,002	NA
<b>DST_BB</b>	-0,009	-0,268	NA	0,131	0,167	-0,225	0,034	NA
<b>DST_GRN</b>	-0,132	-0,276	NA	0,008	-0,040	-0,262	-0,050	NA
<b>DST_RPS</b>	-0,323	0,011	NA	-0,099	0,061	0,113	0,120	NA
<b>DST_WNTGTR</b>	1	0,031	NA	-0,194	0,007	-0,183	0,042	NA
<b>DST_ZCKR</b>	0,031	1	NA	-0,010	0,088	0,750	0,076	NA
<b>DST_ZWFR</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>DST_STPP</b>	-0,194	-0,010	NA	1	NA	0,167	0,001	NA
<b>DST_PFLG</b>	0,007	0,088	NA	NA	1	NA	0,049	NA
<b>DST_ZCKIST</b>	-0,183	0,750	NA	0,167	NA	1	0,117	NA
<b>DST_FP</b>	0,042	0,076	NA	0,001	0,049	0,117	1	NA
<b>DST_MSC</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

## A.4.2 Untersuchungsgebiet Güntersleben

	DST_WG	DST_STR	DST_SDL G	DST_WR	DST_GHL Z	DST_RDR	DST_B B	DST_GR N	DST_RP S
DST_WG	1	0,046	0,040	-0,119	0,066	0,252	0,109	0,086	0,071
DST_STR	0,046	1	0,520	-0,093	0,030	0,023	0,233	0,015	-0,104
DST_SDLG	0,040	0,520	1	-0,177	-0,020	-0,095	-0,011	0,166	0,014
DST_WR	-0,119	-0,093	-0,177	1	-0,156	-0,113	-0,160	0,042	-0,212
DST_GHLZ	0,066	0,030	-0,020	-0,156	1	0,196	0,202	-0,104	0,127
DST_RDR	0,252	0,023	-0,095	-0,113	0,196	1	0,089	-0,064	0,148
DST_BB	0,109	0,233	-0,011	-0,160	0,202	0,089	1	0,242	0,090
DST_GRN	0,086	0,015	0,166	0,042	-0,104	-0,064	0,242	1	-0,042
DST_RPS	0,071	-0,104	0,014	-0,212	0,127	0,148	0,090	-0,042	1
DST_WNTGT R	0,047	0,093	0,031	0,032	-0,060	-0,012	-0,053	0,012	-0,204
DST_ZCKR	-0,013	-0,012	-0,144	0,001	0,006	0,032	-0,030	0,182	-0,033
DST_ZWFR	0,030	-0,007	-0,090	-0,207	0,131	0,067	-0,049	-0,072	-0,036
DST_STPP	0,032	0,162	0,383	-0,112	0,066	0,015	-0,089	0,146	-0,062
DST_PFLG	0,034	0,031	0,071	-0,025	-0,150	-0,041	-0,079	-0,008	-0,060
DST_ZCKIST	-0,001	0,067	-0,048	-0,059	-0,022	0,044	0,062	0,187	-0,075
DST_FP	0,124	0,265	0,153	-0,120	0,040	-0,005	0,164	0,056	0,001
DST_MSC	0,012	0,067	0,030	-0,427	0,278	0,054	0,516	0,113	0,190

	DST_WNTGT R	DST_ZCK R	DST_ZWF R	DST_STP P	DST_PFL G	DST_ZCKIS T	DST_F P	DST_MS C
DST_WG	0,047	-0,013	0,030	0,032	0,034	-0,001	0,124	0,012
DST_STR	0,093	-0,012	-0,007	0,162	0,031	0,067	0,265	0,067
DST_SDLG	0,031	-0,144	-0,090	0,383	0,071	-0,048	0,153	0,030
DST_WR	0,032	0,001	-0,207	-0,112	-0,025	-0,059	-0,120	-0,427
DST_GHLZ	-0,060	0,006	0,131	0,066	-0,150	-0,022	0,040	0,278
DST_RDR	-0,012	0,032	0,067	0,015	-0,041	0,044	-0,005	0,054
DST_BB	-0,053	-0,030	-0,049	-0,089	-0,079	0,062	0,164	0,516
DST_GRN	0,012	0,182	-0,072	0,146	-0,008	0,187	0,056	0,113
DST_RPS	-0,204	-0,033	-0,036	-0,062	-0,060	-0,075	0,001	0,190
DST_WNTGT R	1	-0,002	0,031	-0,217	0,051	-0,337	0,058	-0,073
DST_ZCKR	-0,002	1	0,073	-0,033	0,077	0,635	-0,151	-0,029
DST_ZWFR	0,031	0,073	1	0,004	0,008	-0,211	-0,037	0,067
DST_STPP	-0,217	-0,033	0,004	1	-0,185	0,292	0,052	-0,090
DST_PFLG	0,051	0,077	0,008	-0,185	1	-0,193	0,009	-0,026
DST_ZCKIST	-0,337	0,635	-0,211	0,292	-0,193	1	-0,051	0,039
DST_FP	0,058	-0,151	-0,037	0,052	0,009	-0,051	1	0,028
DST_MSC	-0,073	-0,029	0,067	-0,090	-0,026	0,039	0,028	1,000

## A.4.3 Untersuchungsgebiet Opferbaum

	DST_WG	DST_STR	DST_SDL G	DST_WR	DST_GHL Z	DST_RDR	DST_B B	DST_GR N	DST_RP S
DST_WG	1	-0,040	-0,067	0,058	0,003	0,093	0,120	0,058	0,045
DST_STR	-0,040	1	0,371	-0,201	0,129	0,149	-0,413	0,205	0,003
DST_SDLG	-0,067	0,371	1	-0,709	-0,213	-0,302	-0,499	-0,294	-0,143
DST_WR	0,058	-0,201	-0,709	1	0,413	0,404	0,674	0,484	0,148
DST_GHLZ	0,003	0,129	-0,213	0,413	1	0,575	0,332	0,644	0,107
DST_RDR	0,093	0,149	-0,302	0,404	0,575	1	0,349	0,537	0,142
DST_BB	0,120	-0,413	-0,499	0,674	0,332	0,349	1	0,400	0,340
DST_GRN	0,058	0,205	-0,294	0,484	0,644	0,537	0,400	1	0,152
DST_RPS	0,045	0,003	-0,143	0,148	0,107	0,142	0,340	0,152	1
DST_WNTGT R	0,019	-0,057	-0,072	0,034	-0,044	0,044	0,008	-0,011	-0,225
DST_ZCKR	-0,062	0,051	0,184	-0,227	-0,035	-0,219	-0,417	-0,245	-0,234
DST_ZWFR	-0,106	0,246	0,127	-0,312	-0,153	-0,232	-0,372	-0,298	-0,107
DST_STPP	-0,109	0,130	0,231	-0,070	0,213	-0,027	-0,306	0,038	-0,005
DST_PFLG	-0,030	-0,116	-0,017	0,069	0,056	-0,049	0,087	-0,029	-0,034
DST_ZCKIST	-0,061	0,051	0,076	-0,104	-0,016	-0,143	-0,247	-0,167	-0,023
DST_FP	0,117	-0,059	-0,059	-0,025	-0,048	0,073	0,070	0,081	0,063
DST_MSC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

	DST_WNTGT R	DST_ZCK R	DST_ZWF R	DST_STP P	DST_PFL G	DST_ZCKIS T	DST_F P	DST_MS C
DST_WG	0,019	-0,062	-0,106	-0,109	-0,030	-0,061	0,117	NA
DST_STR	-0,057	0,051	0,246	0,130	-0,116	0,051	-0,059	NA
DST_SDLG	-0,072	0,184	0,127	0,231	-0,017	0,076	-0,059	NA
DST_WR	0,034	-0,227	-0,312	-0,070	0,069	-0,104	-0,025	NA
DST_GHLZ	-0,044	-0,035	-0,153	0,213	0,056	-0,016	-0,048	NA
DST_RDR	0,044	-0,219	-0,232	-0,027	-0,049	-0,143	0,073	NA
DST_BB	0,008	-0,417	-0,372	-0,306	0,087	-0,247	0,070	NA
DST_GRN	-0,011	-0,245	-0,298	0,038	-0,029	-0,167	0,081	NA
DST_RPS	-0,225	-0,234	-0,107	-0,005	-0,034	-0,023	0,063	NA
DST_WNTGT R	1	-0,022	-0,008	0,430	0,054	-0,320	0,051	NA
DST_ZCKR	-0,022	1	0,247	0,123	0,096	0,600	0,091	NA
DST_ZWFR	-0,008	0,247	1	-0,054	-0,081	0,142	-0,036	NA
DST_STPP	0,430	0,123	-0,054	1	0,324	0,125	0,001	NA
DST_PFLG	0,054	0,096	-0,081	0,324	1	-0,347	0,087	NA
DST_ZCKIST	-0,320	0,600	0,142	0,125	-0,347	1	0,012	NA
DST_FP	0,051	0,091	-0,036	0,001	0,087	0,012	1	NA
DST_MSC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA



## A.5 Multivariate Modelle der einzelnen Untersuchungsmonate

### A.5.1 Untersuchungsgebiet Fritzlar

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
September 04 N=59 $r^2=12,39$	Konstante	-2,03326	0,49662	0,00004
	Distanz zu Wegen	0,00535	0,00258	0,03770
	Distanz zu Straßen	0,00078	0,00042	0,06295
	Distanz zu Waldrändern	-0,00123	0,00064	0,05432
	Distanz zu Grünland	-0,00667	0,00165	0,00005
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,01432	0,04762	0,76358
Oktober 04 N=94 $r^2=8,70$	Konstante	-2,14967	0,39661	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00097	0,00044	0,02720
	Distanz zu Waldrändern	-0,00082	0,00041	0,04629
	Distanz zu Zuckerrüben (ungeerntet)	0,00221	0,00063	0,00043
	Distanz zu Gehölzen	-0,00076	0,00037	0,04045
	Distanz zu Raps	-0,00485	0,00106	>0,00000
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00302	0,00081	0,00021
November 04 N=95 $r^2=6,56$	Konstante	-2,16347	0,42610	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00150	0,00043	0,00056
	Distanz zu Straßen	0,00127	0,00036	0,00048
	Distanz zu Waldrändern	0,00057	0,00036	0,11460
	Distanz zu Gehölzen	-0,00053	0,00035	0,12753
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00853	0,00398	0,03204
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02191	0,02302	0,34122
Dezember 04 N=82 $r^2=4,41$	Konstante	-1,26298	0,34221	0,00022
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00147	0,00040	0,00020
	Distanz zu Gehölzen	-0,00112	0,00040	0,00543
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01018	0,00496	0,04022
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02052	0,01974	0,29855
Januar 05 N=90 $r^2=6,02$	Konstante	-2,08293	0,41413	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00094	0,00041	0,02115
	Distanz zu Straßen	0,00146	0,00034	0,00002
	Distanz zu Waldrändern	0,00060	0,00036	0,10171
	Distanz zu Gehölzen	-0,00103	0,00037	0,00484
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01387	0,00753	0,06560
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,01326	0,01953	0,49696

Fortsetzung Anhang A.5.1

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Februar 05 N=68 $r^2=2,10$	Konstante	-2,64396	0,35457	>0,00000
	Distanz zu Straßen	0,00070	0,00040	0,08406
	Distanz zu Grünland	-0,00240	0,00118	0,04135
	Unmittelbare Schlaggröße	0,01703	0,02198	0,43843
März 05 N=65 $r^2=7,12$	Konstante	-1,79234	0,41106	0,00001
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00127	0,00046	0,00646
	Distanz zu Straßen	-0,00182	0,00070	0,00948
	Distanz zu Pflugäckern	0,00304	0,00072	0,00003
	Distanz zu Raps	-0,00238	0,00121	0,04831
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,05075	0,02752	0,06511
April 05 N=81 $r^2=8,03$	Konstante	-1,96447	0,31274	>0,00000
	Distanz zu Straßen	0,00165	0,00044	0,00020
	Distanz zu Ruderalflächen	-0,00411	0,00110	0,00020
	Distanz zu Grünland	-0,00348	0,00122	0,00429
	Unmittelbare Schlaggröße	0,01050	0,02365	0,65703
September 05 N=84 $r^2=7,79$	Konstante	-3,50093	0,61054	>0,00000
	Distanz zu Waldrändern	0,00133	0,00035	0,00015
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00219	0,00066	0,00097
	Distanz zu Gehölzen	0,00112	0,00046	0,01487
	Distanz zu Grünland	-0,00204	0,00115	0,07521
	Distanz zu Raps	-0,00339	0,00151	0,02508
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00094	0,00037	0,01019
	Unmittelbare Schlaggröße	0,01041	0,03055	0,73328
Oktober 05 N=88 $r^2=10,15$	Konstante	-2,53619	0,32692	>0,00000
	Distanz zu Straßen	0,00162	0,00043	0,00016
	Distanz zu Grünland	-0,00402	0,00110	0,00026
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01463	0,00445	0,00101
	Unmittelbare Schlaggröße	0,06012	0,02139	0,00495
November 05 N=92 $r^2=7,48$	Konstante	-3,68936	0,48761	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00094	0,00042	0,02464
	Distanz zu Waldrändern	-0,00071	0,00039	0,06828
	Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	-0,00125	0,00053	0,01727
	Distanz zu Pflugäckern	0,00266	0,00055	>0,00000
	Distanz zu Grünland	-0,00270	0,00106	0,01062
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00486	0,00248	0,04964
	Unmittelbare Schlaggröße	0,07622	0,02103	0,00029

Fortsetzung Anhang A.5.1

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Dezember 05 N=124 r <sup>2</sup> =14,16	Konstante	-3,47091	0,54641	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	0,00129	0,00050	0,01002
	Distanz zu Wegen	-0,00357	0,00217	0,09968
	Distanz zu Straßen	0,00338	0,00051	>0,00000
	Distanz zu Waldrändern	0,00196	0,00043	0,00001
	Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	0,00082	0,00051	0,11215
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00406	0,00052	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00118	0,00049	0,01495
	Distanz zu Grünland	0,00256	0,00117	0,02882
	Distanz zu Raps	-0,00256	0,00098	0,00915
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00569	0,00249	0,02215
	Distanz zu Festpunkten	0,00500	0,00148	0,00073
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,08187	0,02683	0,00227
Januar 06 N=99 r <sup>2</sup> =12,34	Konstante	-2,37028	0,51409	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	0,00070	0,00049	0,14967
	Distanz zu Straßen	0,00300	0,00054	0,00000
	Distanz zu Waldrändern	0,00083	0,00051	0,10022
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00331	0,00056	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00098	0,00038	0,00975
	Distanz zu Raps	-0,00284	0,00100	0,00449
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01703	0,00552	0,00203
	Distanz zu Festpunkten	0,00406	0,00148	0,00593
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,04990	0,02644	0,05908
Februar 06 N=88 r <sup>2</sup> =13,36	Konstante	-2,16983	0,37005	>0,00000
	Distanz zu Straßen	0,00314	0,00057	>0,00000
	Distanz zu Waldrändern	0,00195	0,00044	0,00001
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00405	0,00062	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00282	0,00050	>0,00000
	Distanz zu Grünland	0,00226	0,00132	0,08774
	Distanz zu Raps	-0,00384	0,00107	0,00032
	Unmittelbare Schlaggröße	0,01584	0,02438	0,51595
März 06 N=97 r <sup>2</sup> =7,70	Konstante	-1,36433	0,37665	0,00029
	Distanz zu Buntbrachen	0,00068	0,00045	0,13225
	Distanz zu Straßen	0,00163	0,00048	0,00063
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00320	0,00057	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00096	0,00035	0,00616
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00815	0,00421	0,05281
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,04066	0,02442	0,09585

*Fortsetzung Anhang A.5.1*

<b>Aufnahmemonat</b>	<b>Variable</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>P-Wert</b>
April 06	Konstante	-1,76066	0,69552	0,01136
N=88	Distanz zu Buntbrachen	-0,00123	0,00056	0,02839
$r^2=8,67$	Distanz zu Wegen	0,00572	0,00261	0,02812
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00092	0,00043	0,03429
	Distanz zu Sommergetreide	-0,00174	0,00057	0,00226
	Distanz zu Gehölzen	-0,00129	0,00047	0,00640
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00515	0,00130	0,00008
	Distanz zu Grünland	-0,00318	0,00130	0,01437
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00748	0,00396	0,05910
	Distanz zu Festpunkten	-0,00489	0,00178	0,00614
	Unmittelbare Schlaggröße	0,04050	0,02154	0,06002

## A.5.2 Untersuchungsgebiet Güntersleben

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
September 04	Konstante	-3,18783	0,32283	>0,00000
N=126	Distanz zu Buntbrachen	-0,00111	0,00060	0,06393
r <sup>2</sup> =4,5	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00021	0,00011	0,07188
	Distanz zu Miscanthus	0,00063	0,00019	0,00078
	Distanz zu Pflugäckern	0,00084	0,00021	0,00005
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	-0,00156	0,00055	0,00460
	Distanz zu Gehölzen	-0,00136	0,00093	0,14184
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,01898	0,04070	0,64098
Oktober 04	Konstante	-3,88391	0,45209	>0,00000
N=201	Distanz zu Buntbrachen	-0,00108	0,00054	0,04494
r <sup>2</sup> =8,4	Distanz zu Wegen	0,00667	0,00220	0,00243
DST_FP<=300 m	Distanz zu Straßen	0,00065	0,00023	0,00470
	Distanz zu Waldrändern	0,00214	0,00070	0,00209
	Distanz zu Zwischenfrüchten	-0,00080	0,00043	0,06522
	Distanz zu Miscanthus	0,00096	0,00018	>0,00000
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	0,00074	0,00029	0,01073
	Distanz zu Grünland	0,00160	0,00053	0,00285
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00171	0,00062	0,00563
	Distanz zu Festpunkten	-0,00211	0,00090	0,01988
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,07911	0,04062	0,05145
November 04	Konstante	-3,91766	0,46184	>0,00000
N=69	Distanz zu Buntbrachen	0,00223	0,00086	0,00987
r <sup>2</sup> =6,6	Distanz zu Wegen	0,00816	0,00322	0,01118
	Distanz zu Straßen	-0,00120	0,00038	0,00176
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00044	0,00029	0,13271
	Distanz zu Miscanthus	-0,00059	0,00029	0,04511
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00625	0,00153	0,00004
	Distanz zu Raps	-0,00190	0,00104	0,06812
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02336	0,06600	0,72335
Dezember 04	Konstante	-3,56683	0,54954	>0,00000
N=184	Distanz zu Wegen	0,00657	0,00217	0,00252
r <sup>2</sup> =6,1	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00109	0,00026	0,00002
DST_FP<=300 m	Distanz zu Waldrändern	0,00150	0,00082	0,06851
	Distanz zu Zuckerrüber als Vornutzung	0,00135	0,00051	0,00770
	Distanz zu Zwischenfrüchten	-0,00213	0,00055	0,00010
	Distanz zu Miscanthus	0,00096	0,00021	0,00001
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00098	0,00028	0,00037
	Distanz zu Grünland	0,00078	0,00049	0,11112
	Distanz zu Raps	-0,00165	0,00066	0,01304
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,03235	0,04102	0,43033

Fortsetzung Anhang A.5.2

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Januar 05 N=150 $r^2=4,4$	Konstante	-3,24430	0,41979	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00744	0,00238	0,00179
	Distanz zu Straßen	-0,00077	0,00025	0,00177
	Distanz zu Waldrändern	0,00115	0,00072	0,10830
	Distanz zu Miscanthus	0,00050	0,00017	0,00379
	Distanz zu Grünland	0,00078	0,00051	0,12826
	Distanz zu Raps	-0,00193	0,00068	0,00427
	Distanz zu Festpunkten	-0,00143	0,00098	0,14531
	Unmittelbare Schlaggröße	0,10125	0,04084	0,01318
Februar 05 N=94 $r^2=6,5$	Konstante	-2,86778	0,43928	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00978	0,00293	0,00084
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00095	0,00025	0,00020
	Distanz zu Miscanthus	0,00062	0,00020	0,00236
	Distanz zu Pflugäckern	0,00111	0,00076	0,14251
	Distanz zu Ruderalflächen	-0,00391	0,00181	0,03028
	Distanz zu Raps	-0,00417	0,00100	0,00003
	Unmittelbare Schlaggröße	0,04376	0,05083	0,38934
März 05 N=84 $r^2=13,5$	Konstante	-3,21552	0,83424	0,00012
	Distanz zu Buntbrachen	0,00159	0,00094	0,09056
	Distanz zu Wegen	0,00838	0,00341	0,01402
	Distanz zu Straßen	-0,00071	0,00039	0,06777
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00070	0,00036	0,04906
	Distanz zu Waldrändern	0,00249	0,00112	0,02706
	Distanz zu Miscanthus	0,00049	0,00033	0,14392
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00171	0,00040	0,00002
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00200	0,00089	0,02493
	Distanz zu Gehölzen	-0,00260	0,00161	0,10675
	Distanz zu Grünland	-0,00198	0,00099	0,04448
	Distanz zu Raps	-0,00969	0,00170	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	0,03070	0,06880	0,65543
April 05 N=137 $r^2=2,0$ DST_FP<=300 m	Konstante	-2,19573	0,28659	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00034	0,00019	0,06577
	Distanz zu Miscanthus	0,00043	0,00015	0,00588
	Distanz zu Festpunkten	-0,00266	0,00096	0,00555
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02550	0,04050	0,52897

Fortsetzung Anhang A.5.2

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
September 05 N=218 $r^2=4,6$	Konstante	-1,12660	0,26604	0,00002
	Distanz zu Wegen	0,00793	0,00212	0,00019
	Distanz zu Straßen	0,00044	0,00023	0,05461
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00038	0,00018	0,03268
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	-0,00066	0,00025	0,00701
	Distanz zu Gehölzen	-0,00136	0,00075	0,06941
	Distanz zu Raps	0,00106	0,00052	0,03983
	Distanz zu Festpunkten	-0,00575	0,00090	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,02374	0,03291	0,47063
Oktober 05 N=165 $r^2=7,2$	Konstante	-1,82055	0,41952	0,00001
	Distanz zu Wegen	0,00743	0,00234	0,00153
	Distanz zu Straßen	-0,00044	0,00021	0,04219
	Distanz zu Waldrändern	-0,00228	0,00082	0,00528
	Distanz zu Miscanthus	0,00057	0,00015	0,00016
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	-0,00047	0,00017	0,00582
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00329	0,00118	0,00536
	Distanz zu Raps	-0,00276	0,00082	0,00073
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00712	0,00128	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,00309	0,04444	0,94466
November 05 N=170 $r^2=4,6$	Konstante	-2,01999	0,30195	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00462	0,00233	0,04698
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00129	0,00025	>0,00000
	Distanz zu Grünland	0,00113	0,00043	0,00889
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00138	0,00029	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00166	0,00080	0,03823
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00306	0,00146	0,03560
	Distanz zu Festpunkten	-0,00222	0,00089	0,01296
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,06961	0,04621	0,13195
Dezember 05 N=173 $r^2=3,0$	Konstante	-2,81662	0,27296	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	0,00106	0,00039	0,00640
	Distanz zu Wegen	0,00441	0,00213	0,03861
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00050	0,00022	0,02043
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00071	0,00026	0,00676
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00600	0,00150	0,00007
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02321	0,03878	0,54952

Fortsetzung Anhang A.5.2

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Januar 06 N=123 $r^2=1,0$	Konstante	-2,90257	0,27005	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	0,00084	0,00046	0,06918
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00067	0,00040	0,09137
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00320	0,00168	0,05749
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,01704	0,04322	0,69332
Februar 06 N=151 $r^2=2,1$	Konstante	-2,25043	0,30424	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00061	0,00019	0,00164
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00098	0,00039	0,01195
	Distanz zu Ruderalflächen	-0,00215	0,00118	0,06806
	Distanz zu Raps	0,00121	0,00080	0,13138
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00367	0,00171	0,03236
	Unmittelbare Schlaggröße	0,04091	0,03933	0,29825
März 06 N=162 $r^2=6,6$	Konstante	-3,20381	0,34062	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00159	0,00069	0,02110
	Distanz zu Straßen	0,00045	0,00026	0,08327
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00037	0,00023	0,10525
	Distanz zu Miscanthus	0,00055	0,00020	0,00725
	Distanz zu Grünland	0,00180	0,00051	0,00044
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01412	0,00239	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	0,11447	0,04181	0,00618
April 06 N=169 $r^2=7,0$	Konstante	-0,97570	0,36099	0,00687
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00157	0,00060	0,00847
	Distanz zu Wegen	0,00454	0,00258	0,07859
	Distanz zu Siedlungsbereichen	-0,00031	0,00020	0,10756
	Distanz zu Miscanthus	0,00043	0,00019	0,02779
	Distanz zu Pflugäckern	-0,00104	0,00043	0,01524
	Distanz zu Grünland	0,00157	0,00049	0,00141
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00521	0,00166	0,00168
	Distanz zu Festpunkten	-0,00514	0,00097	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,14132	0,04812	0,00331



## A.5.3 Untersuchungsgebiet Opferbaum

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
September 04 N=159 $r^2=11,0$	Konstante	-2,01483	0,50105	0,00006
	Distanz zu Wegen	0,00900	0,00215	0,00003
	Distanz zu Straßen	-0,00132	0,00043	0,00225
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00186	0,00038	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	-0,00197	0,00110	0,07286
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00756	0,00125	>0,00000
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00152	0,00052	0,00343
	Distanz zu Wintergetreide	0,00064	0,00025	0,00926
	Distanz zu Grünland	-0,00186	0,00087	0,03250
	Distanz zu Zuckerrüber als Vornutzung	-0,00374	0,00100	0,00019
	Distanz zu Gleisen	-0,00126	0,00038	0,00090
	Distanz zu Festpunkten	-0,00699	0,00123	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,00877	0,02746	0,74932
Oktober 04 N=269 $r^2=8,9$	Konstante	-0,98959	0,53735	0,06553
	Distanz zu Wegen	0,00622	0,00165	0,00017
	Distanz zu Straßen	-0,00142	0,00033	0,00002
	Distanz zu Waldrändern	-0,00119	0,00035	0,00057
	Distanz zu Gehölzen	0,00157	0,00089	0,07565
	Distanz zu Ruderalflächen	-0,00130	0,00080	0,10307
	Distanz zu Raps	-0,00177	0,00085	0,03786
	Distanz zu Grünland	0,00111	0,00074	0,13218
	Distanz zu Stoppeläckern	0,00074	0,00032	0,02155
	Distanz zu Zuckerrüber als Vornutzung	0,01108	0,00382	0,00374
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	-0,01025	0,00381	0,00719
	Distanz zu Pflugäckern	0,00057	0,00038	0,13472
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00115	0,00057	0,04387
	Distanz zu Gleisen	-0,00043	0,00018	0,01555
	Distanz zu Festpunkten	-0,00472	0,00081	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,14476	0,03422	0,00002
November 04 N=410 $r^2=18,3$	Konstante	-3,57729	0,32933	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00047	0,00024	0,05158
	Distanz zu Waldrändern	-0,00122	0,00028	0,00002
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00479	0,00064	>0,00000
	Distanz zu Raps	-0,00401	0,00048	>0,00000
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00545	0,00157	0,00052
	Distanz zu Grünland	-0,00212	0,00053	0,00007
	Distanz zu Zuckerrüber als Vornutzung	-0,00164	0,00059	0,00540
	Distanz zu Pflugäckern	0,00224	0,00049	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	0,50986	0,03189	>0,00000

Fortsetzung Anhang A.5.3

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Dezember 04 N=243 $r^2=6,4$	Konstante	-3,07281	0,52987	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00408	0,00172	0,01798
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00113	0,00036	0,00149
	Distanz zu Waldrändern	-0,00130	0,00033	0,00009
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00199	0,00068	0,00367
	Distanz zu Raps	-0,00098	0,00056	0,07892
	Distanz zu Wintergetreide	0,00444	0,00172	0,00980
	Distanz zu Grünland	0,00147	0,00062	0,01766
	Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	-0,00345	0,00079	0,00001
	Distanz zu Pflugäckern	0,00106	0,00058	0,06740
	Distanz zu Gleisen	-0,00028	0,00013	0,02926
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,00446	0,02656	0,86665
Januar 05 N=241 $r^2=4,4$	Konstante	-3,06123	0,36839	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00504	0,00168	0,00268
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00049	0,00023	0,03442
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00219	0,00073	0,00286
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00069	0,00035	0,04600
	Distanz zu Wintergetreide	0,00314	0,00169	0,06317
	Distanz zu Grünland	-0,00187	0,00055	0,00069
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00063	0,00035	0,07248
	Distanz zu Gleisen	-0,00019	0,00013	0,13186
	Unmittelbare Schlaggröße	0,02460	0,02532	0,33129
Februar 05 N=263 $r^2=1,4$	Konstante	-2,63625	0,25035	>0,00000
	Distanz zu Straßen	-0,00039	0,00023	0,08503
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00058	0,00020	0,00311
	Distanz zu Wintergetreide	0,00287	0,00161	0,07494
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00071	0,00037	0,05496
	Distanz zu Gleisen	-0,00021	0,00012	0,07143
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,02305	0,02201	0,29513
März 05 N=209 $r^2=6,7$ DST_FP<=300 m	Konstante	-0,66317	0,37545	0,07734
	Distanz zu Straßen	-0,00065	0,00028	0,02056
	Distanz zu Waldrändern	-0,00188	0,00038	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	0,00284	0,00077	0,00021
	Distanz zu Ruderalflächen	-0,00171	0,00077	0,02688
	Distanz zu Buntbrachen	0,00131	0,00056	0,02002
	Distanz zu Raps	-0,00441	0,00078	>0,00000
	Distanz zu Wintergetreide	0,00513	0,00179	0,00421
	Distanz zu Gleisen	-0,00055	0,00016	0,00056
	Distanz zu Festpunkten	0,00172	0,00074	0,02058
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,08624	0,02672	0,00125

Fortsetzung Anhang A.5.3

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
April 05 N=247 $r^2=4,7$	Konstante	-1,73922	0,20448	>0,00000
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00185	0,00059	0,00173
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00171	0,00029	>0,00000
	Distanz zu Sommergetreide	0,00088	0,00033	0,00857
	Distanz zu Gleisen	-0,00056	0,00012	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,03249	0,02084	0,11897
September 05 N=335 $r^2=4,9$	Konstante	-1,98357	0,47832	0,00003
	Distanz zu Wegen	0,00685	0,00147	>0,00000
	Distanz zu Straßen	-0,00040	0,00019	0,03547
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00081	0,00029	0,00546
	Distanz zu Waldrändern	-0,00064	0,00030	0,03504
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00176	0,00062	0,00447
	Distanz zu Grünland	0,00119	0,00053	0,02363
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00152	0,00041	0,00023
	Distanz zu Gleisen	-0,00056	0,00013	0,00002
	Distanz zu Festpunkten	-0,00313	0,00071	0,00001
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,09137	0,02139	0,00002
Oktober 05 N=390 $r^2=8,2$	Konstante	-3,22894	0,40464	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00791	0,00142	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00152	0,00022	>0,00000
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00130	0,00058	0,02555
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00124	0,00028	0,00001
	Distanz zu Raps	0,00218	0,00049	0,00001
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00417	0,00099	0,00003
	Distanz zu Zuckerrüber als Vornutzung	-0,00245	0,00062	0,00008
	Distanz zu Zuckerrüber (ungeerntet)	0,00117	0,00025	>0,00000
	Distanz zu Pflugäckern	0,00120	0,00039	0,00185
	Distanz zu Zwischenfrüchten	-0,00061	0,00040	0,12382
	Distanz zu Festpunkten	-0,00159	0,00070	0,02294
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,07996	0,02825	0,00464
November 05 N=264 $r^2=7,2$	Konstante	-4,44222	0,45407	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00281	0,00157	0,07369
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00132	0,00028	>0,00000
	Distanz zu Waldrändern	0,00066	0,00036	0,06356
	Distanz zu Gehölzen	-0,00106	0,00067	0,11069
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00240	0,00069	0,00047
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00080	0,00032	0,01354
	Distanz zu Raps	-0,00179	0,00059	0,00236
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00400	0,00230	0,08235
	Distanz zu Grünland	-0,00144	0,00063	0,02285
	Distanz zu Festpunkten	0,00374	0,00075	>0,00000
	Unmittelbare Schlaggröße	0,12801	0,02775	>0,00000

## Fortsetzung Anhang A.5.3

Aufnahmemonat	Variable	Koeffizient	Standardfehler	P-Wert
Dezember 05 N=285 $r^2=4,8$	Konstante	-5,11654	0,58454	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00590	0,00152	0,00011
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00121	0,00032	0,00017
	Distanz zu Waldrändern	0,00066	0,00028	0,01866
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00103	0,00057	0,06949
	Distanz zu Raps	-0,00154	0,00053	0,00367
	Distanz zu Zuckerrüben als Vornutzung	0,00290	0,00054	>0,00000
	Distanz zu Pflugäckern	0,00077	0,00040	0,05285
	Distanz zu Zwischenfrüchten	0,00070	0,00044	0,11368
	Unmittelbare Schlaggröße	0,05362	0,02683	0,04570
Januar 06 N=287 $r^2=4,2$	Konstante	-2,90938	0,30498	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00373	0,00150	0,01273
	Distanz zu Straßen	0,00050	0,00017	0,00316
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00048	0,00024	0,04813
	Distanz zu Raps	-0,00132	0,00055	0,01757
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00750	0,00240	0,00178
	Distanz zu Grünland	-0,00100	0,00045	0,02562
	Distanz zu Festpunkten	0,00104	0,00069	0,13012
	Unmittelbare Schlaggröße	0,04773	0,02654	0,07211
Februar 06 N=297 $r^2=4,9$	Konstante	-1,93335	0,26384	>0,00000
	Distanz zu Waldrändern	-0,00057	0,00019	0,00234
	Distanz zu Ruderalflächen	0,00129	0,00055	0,01822
	Distanz zu Raps	-0,00168	0,00052	0,00118
	Distanz zu Wintergetreide	-0,00688	0,00225	0,00227
	Distanz zu Pflugäckern	0,00132	0,00040	0,00088
	Distanz zu Gleisen	-0,00057	0,00011	>0,00000
	Distanz zu Festpunkten	0,00185	0,00066	0,00532
	Unmittelbare Schlaggröße	-0,01857	0,02711	0,49335
März 06 N=255 $r^2=5,3$	Konstante	-2,95231	0,33944	>0,00000
	Distanz zu Wegen	0,00537	0,00154	0,00050
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00063	0,00021	0,00215
	Distanz zu Buntbrachen	-0,00075	0,00028	0,00821
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01245	0,00280	0,00001
	Distanz zu Gleisen	-0,00026	0,00011	0,01676
	Distanz zu Festpunkten	0,00119	0,00071	0,09350
	Unmittelbare Schlaggröße	0,04673	0,02698	0,08320
April 06 N=280 $r^2=3,9$	Konstante	-2,81817	0,26314	>0,00000
	Distanz zu Siedlungsbereichen	0,00095	0,00017	>0,00000
	Distanz zu Gehölzen	0,00070	0,00041	0,08274
	Distanz zu Wintergetreide	-0,01081	0,00254	0,00002
	Distanz zu Gleisen	-0,00026	0,00011	0,01514
	Unmittelbare Schlaggröße	0,00451	0,02498	0,85668